

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: <b>2004.08.31</b>	(73) Titular(es): <b>CAMPAGNOLO S.R.L.</b>	
(30) Prioridade(s):	<b>VIA DELLA CHIMICA 4 36100 VICENZA</b>	<b>IT</b>
(43) Data de publicação do pedido: <b>2006.03.01</b>	(72) Inventor(es):	
(45) Data e BPI da concessão: <b>2008.01.16</b> <b>059/2008</b>	<b>MAURIZIO PASSAROTTO</b>	<b>IT</b>
	<b>DAVIDE URBANI</b>	<b>IT</b>
	(74) Mandatário:	
	<b>MARTA MARIA BURNAY DA COSTA PESSOA BOBONE</b>	
	<b>R ALMEIDA E SOUSA, N.º 43 1350-008 LISBOA</b>	<b>PT</b>

(54) Epígrafe: **ARO PARA UMA RODA COM RAIOS DE BICICLETA, A RODA E PROCESSO DE FABRICO**

(57) Resumo:

ARO PARA UMA RODA COM RAIOS DE BICICLETA, A RODA E PROCESSO DE FABRICO

## **RESUMO**

### **“ARO PARA UMA RODA COM RAIOS DE BICICLETA, A RODA E PROCESSO DE FABRICO”**

Numa roda (11) de bicicleta com raios há pelo menos uma zona infra-radial (1501) que possui uma espessura de parede média reduzida para assim se diminuir ou eliminar o desequilíbrio dinâmico da roda (11) devido a aumentos de massa localizados na válvula (7) e numa possível junta de união (134).

## DESCRIÇÃO

### “ARO PARA UMA RODA COM RAIOS DE BICICLETA, A RODA E PROCESSO DE FABRICO”

A presente invenção diz respeito, em geral, a rodas com raios de bicicletas e em particular diz respeito a um aro para uma roda com raios de bicicleta, a uma roda com raios que possui esse aro e a um método para fabricar um aro para uma roda com raios de bicicleta.

Uma roda com raios de bicicleta é constituída, convencionalmente, por um aro, um cubo de roda e um conjunto de ligações radiais entre o aro e o cubo de roda.

Mais concretamente, para a ligação entre o aro e o cubo de roda existe normalmente um raio que possui uma cabeça achatada numa primeira extremidade e uma ponta roscada exterior numa segunda extremidade oposta à primeira extremidade.

A cabeça achatada do raio vai encaixar numa sede de encosto com uma forma conveniente, feita normalmente no cubo da roda ou no seu disco circular. Para permitir esticar o raio numa direcção radial ou praticamente radial, existe tipicamente um cotovelo próximo da primeira extremidade do raio. No entanto, o cotovelo do raio na primeira extremidade pode não existir, por exemplo, no caso de se utilizar um cubo de roda conforme descrito no documento US 2002/0033635.

A ponta roscada da segunda extremidade do raio é ligada enroscando-a num furo roscado normalmente existente no aro ou então, de preferência, num elemento de união amovível do tipo copo roscado ou do tipo porca que vai encostar nos furos de assentamento existente no aro, possivelmente através da interposição de uma chapa, conforme ilustrado, por exemplo, no documento EP 0 936 085.

São também conhecidos raios com diferentes sistemas de fixação ao aro e ao cubo da roda, por exemplo, aqueles em que a

sua cabeça vai ligar-se ao aro e a sua ponta roscada vai ligar-se ao cubo da roda, não ficando a presente invenção limitada a nenhum tipo particular de ligação radial.

Na presente invenção e nas reivindicações anexas, a expressão "ligação radial" serve para designar o conjunto constituído por um raio e os possíveis elementos de união amovíveis, tais como a chapa de união e o copo roscado supramencionados.

O cubo da roda é um elemento com simetria rotacional em relação ao eixo da roda da bicicleta e as ligações radiais estão sempre distribuídas ao longo do perímetro circular da roda, de tal modo que o seu centro de massa, consideradas no seu conjunto, fica no eixo da roda. Mais concretamente, as ligações radiais podem ficar distribuídas igualmente distanciadas entre si, ou então, pode haver grupos de duas ou mais ligações radiais que podem estar distribuídas igualmente distanciadas entre si ao longo do aro.

Devido ao ângulo diferente das ligações radiais relativamente ao plano médio da roda (câmbier) entre um lado e o outro do cubo da roda e/ou devido a uma união tangencial dos raios a um lado do cubo da roda e/ou por outros motivos, em particular no caso de haver modelos de raios complexos, pode haver ligações radiais de massas diferentes, mas ainda assim formando, em relação ao eixo de rotação, subconjuntos regulares de ligações radiais idênticas. Em tais casos, o centro de massa do conjunto das ligações radiais também fica, por esse motivo, no eixo de rotação da roda, ou seja, dito por outras palavras, o conjunto das ligações radiais está equilibrado em relação ao eixo de rotação.

Sabe-se perfeitamente, por exemplo, desde a publicação dos documentos EP 0 715 001, EP 1 084 868 e EP 1 491 362, como fazer aros com uma espessura de parede diminuta em todas as zonas entre os raios, ou pelo menos em todas as zonas entre grupos de raios que estejam próximos entre si, com a finalidade de limitar o peso do aro e proporcionar simultaneamente uma resistência estrutural adequada ao longo de todo o aro.

As geometrias conhecidas dos aros, incluindo as dos documentos agora mencionados, são tais que também o aro é um elemento com simetria rotacional em relação ao eixo da roda.

Posto isto, numa primeira análise, a roda fica dinamicamente equilibrada.

No entanto, na prática, há sempre uma causa para desequilíbrios ou descontinuidades de massa, em particular, um aumento localizado de massa, constituído pela válvula que retém o ar dentro do pneu, quer este seja do tipo com câmara interior ou do tipo sem câmara ou do tipo pneu tubular. A válvula, montada num furo conveniente existente no aro, é feita tipicamente de latão e tem dimensões normalizadas e conseqüentemente possui um peso predeterminado. A ligeira diminuição de peso no aro originada pelo furo de encaixe previsto para a própria válvula não é suficiente para compensar o aumento de massa localizado no local da válvula. Pelo contrário, nos aros fabricados por moldagem de fibras de carbono, o aumento localizado de massa no local da válvula é frequentemente acompanhado, tal como sucede nas rodas de 'Bora' comercializadas por Campagnolo S.r.l., Itália, por um aumento ainda maior de massa, devido à presença de uma espessura maior do aro em tal zona com a finalidade de compensar a diminuição de resistência estrutural do aro devido ao furo para a válvula.

O documento US 2002/0667066 A1 mostra que este problema também existe nas rodas de disco e é resolvido fazendo variar a espessura do disco em relação à posição da válvula.

A causa para o desequilíbrio originado pela válvula está associada, no caso dos aros metálicos, a um segundo factor. Na realidade, os aros metálicos, em particular aqueles que são feitos de aço ou de ligas de alumínio, são produzidos utilizando uma vareta que é extrudida de acordo com a secção desejada do aro, sendo então conferida a essa vareta uma configuração circular por calandragem. A união das extremidades da vareta é feita de diversas maneiras, contribuindo todas elas para que haja material suplementar e que

haja, por isso, um aumento de massa localizado. Por exemplo, os métodos conhecidos para fazer as juntas de união implicam o seguinte: a inserção forçada de um ou vários pinos nos correspondentes furos de assentamento abertos na parede das extremidades da vareta extrudida; a inserção de uma manga numa câmara interior da vareta extrudida, ao longo de uma certa extensão a partir de ambas as extremidades, possivelmente com a adição de uma cola; a soldadura da junta de encosto das extremidades, com ou sem adição de material de soldadura, mas em qualquer dos casos com a utilização de peças intercaladas metálicas sólidas na câmara interior da vareta extrudida para permitir o aperto das extremidades com pinças adequadas, durante a soldadura, sem que haja o risco de se deformar o aro.

Quer uma, quer ambas as causas para o aumento localizado da massa fazem com que o centro de massa de todas estas massas não fique localizado no eixo de rotação da roda. Sob o ponto de vista dinâmico, o desequilíbrio provocado por tais aumentos localizados de massa determinam uma instabilidade desfavorável da roda. Além disso, tendo em consideração que o desequilíbrio aumenta à medida que aumenta a velocidade da roda, isso torna-se mais perigoso exactamente quando a velocidade de deslocamento é maior, por exemplo, ao descer uma ladeira, o que faz com que, contrariamente, seja necessária uma roda bastante estável.

No caso dos aros metálicos, para reduzir o problema do desequilíbrio dinâmico, sabe-se que se deve fazer o furo para a válvula numa posição diametralmente oposta à junta de união da vareta extrudida, por exemplo, ver o documento US 5 603 553. No entanto, o equilíbrio das massas em movimento, assim obtido, é insuficiente para que haja uma boa estabilidade da roda, uma vez que a massa suplementar na zona da junta de união é tipicamente diferente, normalmente superior, da massa do corpo da válvula. Além do mais, no caso das rodas com esquemas de distribuição ímpares dos raios, por vezes não é possível fazer o furo para a válvula numa posição diametralmente oposta à junta de união da

vareta extrudida, mas apenas numa posição aproximadamente oposta, uma vez que a posição diametralmente oposta fica ocupada por um raio ou por um grupo de raios. Assim sendo, as forças resultantes não podem ser evitadas, devido à diferença de massa supramencionada e/ou devido ao ângulo que as forças centrífugas determinadas pelos aumentos das duas massas localizadas formam entre si.

Também se experimentou já resolver o problema do equilíbrio de tais aros colando uma chapa no furo da válvula. Ao acrescentar-se mais um elemento, a situação continua a ser, todavia, insatisfatória, quer do ponto de vista do fabrico quer do ponto de vista do produto final, uma vez que esta solução é inestética e não é aerodinâmica, e para além de aumentar o peso do raio há o risco da chapa se descolar com a utilização da bicicleta.

O problema técnico que está na base da presente invenção consiste em reduzir eficientemente o desequilíbrio dinâmico de uma roda de bicicleta. Um objectivo mais ambicioso consiste em eliminar totalmente o desequilíbrio dinâmico de uma roda de bicicleta.

O problema técnico anteriormente enunciado, de acordo com a invenção, é resolvido por meio de um aro de uma roda com raios para bicicleta, o qual possui zonas de fixação dos raios e zonas infra-radiais, caracterizado pelo facto de as referidas zonas infra-radiais compreenderem um primeiro subconjunto de zonas infra-radiais que possuem uma primeira espessura média de parede e por um segundo subconjunto de zonas infra-radiais, em que cada zona infra-radial do segundo subconjunto possui uma espessura média de parede que é menor do que a referida primeira espessura média de parede, estando as referidas zonas infra-radiais do segundo subconjunto distribuídas de modo a compensar, pelo menos parcialmente, pelo menos uma aumento de massa localizado da roda.

Na presente memória descritiva e nas reivindicações anexas, o termo 'espessura média da parede' designa o volume de material do aro na zona, dividido pelo comprimento da zona.

O aumento de massa localizado da roda pode ser uma válvula adequada que irá ser acoplada ao aro e/ou uma zona da junta de união do aro.

O segundo subconjunto, isto é, as zonas de espessura comparativamente menor, pode ser uma zona infra-radial que compreenda uma primeira posição em que haja um primeiro aumento de massa localizado.

Em alternativa ou complementarmente, o segundo subconjunto pode compreender pelo menos um par de zonas infra-radiais dispostas simetricamente em torno da referida primeira posição, numa metade do aro, centrada em torno da primeira posição.

O que se disse antes também se aplica no caso em que haja um segundo aumento de massa localizado, menor do que o referido primeiro aumento de massa localizado, e situado numa segunda posição numa zona infra-radial que esteja praticamente em posição diametralmente oposta à primeira posição. Na realidade, os dois aumentos de massa localizados podem compensar-se parcialmente entre si. Além disso, é possível resolver o problema dos pequenos desvios de posições que estejam exactamente em localizações diametralmente opostas, recorrendo a uma progressão assimétrica da espessura da parede das zonas do segundo subconjunto utilizado para a compensação total ou parcial.

Quando há um primeiro aumento de massa localizado numa primeira posição e um segundo aumento de massa, menor do que o referido primeiro aumento de massa localizado e disposto numa segunda posição numa zona infra-radial que não está diametralmente oposta à primeira posição, o referido segundo subconjunto pode compreender uma zona infra-radial disposta do mesmo lado em que está a segunda posição relativamente ao diâmetro que passa pela primeira posição e na mesma metade do aro em que está a primeira posição.

Em particular, o segundo subconjunto pode compreender uma zona infra-radial mais próxima da primeira posição que é da



mesma extensão da zona infra-radial que compreende o referido primeiro aumento de massa localizado.

No caso de distribuição uniforme dos raios, esta pode ser a zona infra-radial disposta adjacentemente à primeira posição.

Noutras variantes, quando há um primeiro aumento de massa localizado numa primeira posição e um segundo aumento de massa localizado, menor do que o referido primeiro aumento de massa localizado e disposto numa segunda posição, os dois aumentos de massa localizados podem ser compensados separadamente, e também no caso em que o primeiro e o segundo aumentos de massa localizados são diametralmente opostos ou praticamente opostos. Com efeito, em determinados casos pode ser preferível, para minimizar o peso do aro, reduzir as duas zonas implicadas nos aumentos de massa localizados, cada uma por uma massa correspondente ao aumento de massa localizado nela situado.

Por exemplo, o segundo subconjunto pode compreender uma zona infra-radial que contenha a primeira posição e uma zona infra-radial que contenha a segunda posição.

Em alternativa ou suplementarmente, o segundo subconjunto pode compreender pelo menos um par de zonas infra-radiais dispostas simetricamente em torno da referida primeira posição, na metade do aro centrada em torno da primeira posição, e pelo menos um par de zonas infra-radiais dispostas simetricamente em torno da referida segunda posição, na metade do aro centrada em torno da segunda posição.

Com a finalidade de se criar um aro vantajosamente leve, nas diversas variantes, o segundo subconjunto pode compreender também pelo menos um grupo de zonas infra-radiais, sendo o grupo equilibrado em relação ao eixo do aro e consequentemente sendo neutro no que respeita à compensação dos aumentos de massa localizados.

Em particular, o referido grupo de zonas pode compreender um ou vários pares de zonas infra-radiais diametralmente opostas.

No caso de haver zonas infra-radiais com extensões diferentes, tal como sucede, por exemplo, no caso de modelos de distribuição de raios com grupos de raios, as zonas do segundo subconjunto podem ter todas elas a mesma extensão ou então podem ter uma extensão diferente.

Nas variantes que são vantajosas porque permitem minimizar o trabalho necessário para a remoção de material para reduzir a espessura das zonas infra-radiais do segundo subconjunto e/ou maximizar a resistência estrutural do aro, o segundo subconjunto é constituído por 1 ou 2 zonas infra-radiais.

Por outro lado, para minimizar o peso do aro, pode ser vantajoso que o referido segundo subconjunto compreenda a totalidade das zonas infra-radiais, com excepção de 1 ou 2, ou a totalidade das zonas infra-radiais dispostas entre agrupamentos de raios, com excepção de 1 ou 2.

As zonas infra-radiais do segundo subconjunto podem ter a mesma espessura média de parede, mas isto não é essencial.

A geometria das zonas infra-radiais do segundo subconjunto pode ser de diversos tipos.

Por exemplo, cada zona infra-radial do segundo subconjunto pode ter uma distribuição de massa simétrica ou assimétrica.

Além disso, em cada zona infra-radial do segundo subconjunto, as transições de espessura das zonas de fixação dos raios adjacentes podem ser acentuadas ou podem desenvolver-se ao longo de um determinado comprimento do aro.

A redução da espessura média das paredes das zonas infra-radiais do segundo subconjunto pode ser realizada em uma ou em várias paredes do aro, por exemplo, na parede voltada para o centro, normalmente designada por ponte inferior.

Com a finalidade de permitir a diminuição de peso, necessária para efeitos de compensação e para conservar simultaneamente uma resistência estrutural adequada, quando o segundo subconjunto compreende uma zona infra-radial que possui um furo para uma

válvula, tal zona pode ter uma região central que contenha o furo da válvula e duas regiões das extremidades, possuindo a região central uma espessura de parede maior do que as regiões das extremidades.

As zonas infra-radiais do primeiro subconjunto, isto é, as que são de espessura comparável, podem ter uma espessura de parede média igual a uma espessura de parede média das zonas de fixação dos raios, a qual é tipicamente a espessura máxima do aro.

De acordo com um seu segundo aspecto, a invenção diz respeito a uma roda de raios para bicicleta que possui um aro conforme se disse antes.

De acordo com um seu terceiro aspecto, a invenção diz respeito a um método para fabricar um aro de uma roda de raios para bicicleta, o qual compreende o passo que consiste em formar um aro que possui zonas de fixação dos raios e zonas infra-radiais, caracterizado pelo facto de haver um primeiro subconjunto das referidas zonas infra-radiais com uma primeira espessura de parede média e um segundo subconjunto de zonas infra-radiais em que cada uma delas possui uma espessura de parede média menor do que a primeira espessura de parede média, estando as referidas zonas infra-radiais do segundo subconjunto distribuídas de modo a compensar, pelo menos parcialmente, pelo menos um aumento de massa localizado da roda.

Em particular, o aro em causa pode ser um aro do tipo descrito antes.

De acordo com um primeira variante, o método compreende o passo que consiste em colocar num molde para a formação do aro uma quantidade de material compósito, numa matriz de material polimérico, nas zonas infra-radiais do primeiro subconjunto, maior do que nas zonas infra-radiais no segundo subconjunto.

De acordo com uma segunda variante, o método compreende o passo preliminar que consiste em formar um aro que possui uma parede das zonas infra-radiais com igual espessura de parede

média, e o passo que consiste em remover o material para fora do segundo subconjunto de zonas infra-radiais.

O passo que consiste em remover o material pode ser executado por meio de trabalho mecânico, em particular, recorrendo a uma fresadora, através de ataque químico ou mediante erosão por descarga eléctrica.

A invenção será melhor descrita seguidamente, tomando como referência algumas variantes e exemplos, com base nos desenhos anexos, em que os elementos correspondentes são designados por números idênticos. Nos desenhos temos:

- a figura 1 é uma vista em perspectiva de uma roda de acordo com uma primeira variante da invenção,

- a figura 2 é uma vista em perspectiva parcial de uma parte do aro onde se observa uma ligação radial,

- a figura 3 é um corte longitudinal do aro da roda da figura 1, com a válvula montada,

- a figura 4 é uma vista em perspectiva de um par de peças de interposição para unir o aro,

- a figura 5 é uma vista em perspectiva de uma manga para unir o aro,

- a figura 6 é uma vista em corte transversal da manga da figura 5 inserida no aro,

- as figuras 7 e 8 são vistas correspondentes respectivamente às figuras 1 e 3, mas relativas a uma segunda variante,

- as figuras 9 e 10 são vistas correspondentes respectivamente as figuras 1 e 3, mas relativas a uma terceira variante

- a figura 11 é uma vista amplificada de uma parte do aro da figura 10,

- as figuras 12 e 13 são vistas correspondentes respectivamente às figuras 1 e 3, mas relativas a uma quarta variante,

- a figura 14 é uma vista amplificada de uma parte do aro da figura 13,

- as figuras 15 e 16 são vistas correspondentes respectivamente às figuras 1 e 3, mas relativas a uma quinta variante
- as figuras 17 e 18 são vistas correspondentes respectivamente às figuras 1 e 3, mas relativas a uma sexta variante,
- as figuras 19 e 20 são vistas correspondentes respectivamente às figuras 1 e 3, mas relativas a uma sétima variante
- a figura 21 é uma vista amplificada de uma parte do aro da figura 20,
- as figuras 22 e 23 são vistas correspondentes respectivamente às figuras 1 e 3, mas relativas a uma oitava variante, e
- a figura 24 é uma vista amplificada de uma parte do aro da figura 23.

Na figura 1 está ilustrada uma vista em perspectiva de uma roda 11 de acordo com uma primeira variante da invenção. A roda 11 representada, em particular uma roda dianteira, possui um cubo de roda 12, um aro 13 e um conjunto de ligações radiais 14 entre o cubo de roda 12 e o aro 13.

Tomando também como referência a figura 2, cada ligação radial 14 compreende, de uma forma conhecida *per sí*, um raio 141 e um elemento roscado internamente ou copo roscado 142. Cada raio 141 possui, tipicamente, uma cabeça 143 numa primeira extremidade, possivelmente dobrado num primeiro cotovelo no caso de união a um cubo de roda com disco de união, e uma ponta roscada exterior (não visível) numa segunda extremidade, oposta à primeira extremidade. Normalmente, no caso de um cubo de roda com união sem ser por disco circular, não há cotovelo, por exemplo, conforme ilustrado no documento US 2002/0033635. A cabeça 143 de cada raio fica encaixada numa sede de encaixe correspondente 121 do cubo 12 de roda. A ponta roscada exterior do raio 141 vai engatar na rosca interior do elemento 142 roscado internamente, o qual vai encostar, com a possível interposição de uma chapa 145, contra o aro 13 num correspondente encaixe de assentamento 131. Observa-se também um orifício 132 na ponte superior 133 do aro 13, para permitir o acesso

ao elemento 142 roscado internamente, por meio de uma ferramenta adequada.

No entanto, é possível utilizar qualquer configuração alternativa das ligações radiais 14, conforme se sabe neste domínio da especialidade, por exemplo, em que o elemento 142 roscado internamente vai engatar no cubo de roda 12 e em que a cabeça 143 do raio engata no aro 13.

O modelo de distribuição radial da roda 11 é do tipo com ligações radiais 14 igualmente distribuídas e afastadas entre si ao longo do perímetro circular do aro 13.

O modelo de distribuição radial da roda 11 é também do tipo par, uma vez que o conjunto de ligações radiais 14 compreende dezasseis ligações radiais, oito do lado direito do cubo de roda 12 e oito do lado esquerdo do cubo de roda 12. Assim, são definidas no aro 13 dezasseis zonas 1501-1516 de fixação dos raios, compreendendo as correspondentes sedes de encaixe 131 de fixação dos raios e suas vizinhanças, alternando com dezasseis zonas infra-radiais 1601-1616. Em particular, as dezasseis zonas infra-radiais 1601-1616 desenvolvem-se ao longo de arcos de circunferência de comprimentos iguais.

O aro 13 de tipo metálico, obtido por extrusão de uma vareta com uma secção transversal conveniente, é calandrado e unido pelas extremidades na zona de união 134.

Numa posição diametralmente oposta à zona de união 134, há no aro 13 um furo de encaixe 135 para instalar uma válvula de retenção 7 do ar num pneu (não representado), associado exteriormente ao aro 13.

A junta de união na zona 134 é obtida soldando as extremidades encostadas da vareta extrudida e calandrada. Na figura 3, que representa uma secção do aro 13 com a válvula 7 montada, é possível observar um par de peças intercalares metálicas e sólidas 136 numa câmara interior do aro, utilizadas para permitir que as extremidades sejam apertadas com pinças adequadas durante a soldadura, sem que haja o risco de deformação do aro 13. As peças intercalares 136 estão ilustradas melhor na figura 4.

Como alternativa à soldadura e à inserção das peças intercalares 136, a união na junta da zona 132 pode ser feita por meio de uma manga 136a, ilustrada na figura 5, inserida à força, e possivelmente com uma cola, na câmara interior 137 do aro 13, conforme ilustrado na figura 6. Ainda como alternativa, a união na junta da zona 134 pode ser conseguida por meio de pinos inseridos na parede das extremidades do aro.

As peças intercalares 136, incluindo o possível material de soldadura, ou outros elementos equivalentes na junta de união da zona 134, possuem uma massa  $m_1$  que representa uma descontinuidade de massa na roda 11, em particular um aumento de massa localizado. A válvula 7 é feita tipicamente de latão e representa uma outra descontinuidade de massa na roda 11, em particular um outro aumento de massa localizado. O aumento de massa localizado, devido à presença da válvula 7 menos a redução local de massa, devida à presença do furo 135 para a própria válvula 7, será doravante aqui indicado, por razões de brevidade na descrição do texto, como massa  $m_2$  da válvula 7. Conforme explicado anteriormente, a massa  $m_1$  é normalmente diferente da massa  $m_2$ , pelo que a massa  $m_1$  é dinamicamente desequilibrada, embora a zona da junta de união 134 e o furo 135 para válvula sejam diametralmente opostos. Na maior parte dos casos, a massa  $m_1$  da junta de união é maior do que a massa  $m_2$  da válvula e iremos referir-nos a este pressuposto na presente variante e nas variantes subsequentes. Para reduzir ou mesmo eliminar o desequilíbrio da roda 1, isto é, para compensar pelo menos parcialmente os aumentos supramencionados de massa localizados, no aro 13, não obstante as zonas infra-radiais 1602-1616 possuírem cada uma delas uma massa  $m_z$ , a zona infra-radial 1601 que compreende a zona 134 da junta de união possui uma massa menor  $m_z - m_3$ . Uma tal zona infra-radial 1601 com uma massa reduzida, tal como sucede em zonas análogas nas variantes adiante descritas, está representada a negro na figura 1 para fins ilustrativos, mas na prática pode ter a mesma coloração da parte restante do aro 13 ou pode ter uma coloração diferente, sem que haja qualquer diferença.

A redução de massa  $m_3$  na zona infra-radial 1601 é conseguida mediante a remoção de material para reduzir a espessura de parede média do aro, nessa zona 1601.

A remoção de material pode ser feita, por exemplo, por via mecânica, em particular recorrendo a uma fresadora, por ataque químico ou por erosão por descarga eléctrica e pode decorrer, em particular, conforme descrito nos documentos supramencionados EP 0 715 001, EP 1 084 868 e no pedido de patente de invenção europeia n° 03425419.3 ainda não publicado, aqui incorporados por referência.

Embora nas figuras 1 e 3 a redução da espessura na zona infra-radial 1601 esteja ilustrada na ponte inferior 139 (figura 2) do aro 13, a redução de espessura também pode ser feita na ponte superior 133 ou na parede lateral 138a, 138b (figura 2).

Além disso, embora nas figuras 1 e 3, tal como sucede nas figuras relativas às variantes subsequentes, a redução da espessura na zona infra-radial 1601 esteja ilustrada de forma pronunciada, e possível utilizar diferentes geometrias para as transições das zonas adjacentes 1501 e 1516 de fixação dos raios. Em particular, as transições podem desenvolver-se ao longo de um determinado comprimento do aro, isto é, evitando arestas pronunciadas e criando, por outro lado, filetes com um raio de curvatura adequado ou com uma progressão curvilínea adequada. Além do mais, a remoção do material pode ser feita pelo exterior do aro 13 e/ou pelo interior da câmara 137, sem que isso constitua qualquer diferença. O que é importante para os objectivos da presente invenção é o facto de a remoção do material ser tal que permita a redução de massa pretendida ou então, dito por outras palavras, que haja uma redução da espessura média da parede.

Finalmente, faz-se observar que as zonas infra-radiais 1602-1616, nas figuras 1 e 3, embora tenham a mesma espessura das zonas 1501-1516 de fixação dos raios, isso não é necessário. Em particular, faz parte do domínio e do âmbito da presente invenção proporcionar uma redução de espessura de todas as zonas infra-radiais, mas de tamanho maior na zona 1601.



A resultante das forças que actuam na roda 11 em condições dinâmicas pode ser expressa pela fórmula (1) seguinte em que, tal como sucede nas fórmulas subsequentes, os valores vectoriais são indicados por letras a negrito:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F1} + \mathbf{F2} + \mathbf{F3} \quad (1)$$

em que os módulos das forças componentes são expressos pelas fórmulas seguintes:

$$F1=m1*\omega^2*R1 \quad (2)$$

$$F2=m2*\omega^2*R2 \quad (3)$$

$$F3=m3*\omega^2*R3 \quad (4)$$

em que  $\omega$  representa a velocidade angular da roda 11, os símbolos  $R1$ ,  $R2$  e  $R3$  representam as distâncias que vão do centro da roda 11 respectivamente aos centros de massas da massa  $m1$  da junta de união 134, da massa  $m2$  da válvula 7 e da redução de massa 3 da zona infra-radial 1601.

Faz-se observar que  $R1$ ,  $R2$  e  $R3$  são praticamente iguais entre si e que as três forças componentes estão todas definidas ao longo do diâmetro  $D$  comum à zona da junta de união 134 e da válvula 7.

Além do mais, faz-se observar que a primeira força componente  $\mathbf{F1}$  na fórmula (1), isto é, o efeito da junta de união na zona 134, é oposto simultaneamente à segunda força componente  $\mathbf{F2}$ , isto é, o efeito da válvula 7, e à terceira força componente  $\mathbf{F3}$ , isto é, o efeito da redução de massa na zona infra-radial 1601 relativamente às restantes zonas infra-radiais 1602-1616.

A fórmula (1) anterior é então reduzida à sua expressão escalar de fórmula (5) seguinte:

$$F = m_1 \cdot \omega^2 \cdot R_1 - m_2 \cdot \omega^2 \cdot R_2 - m_3 \cdot \omega^2 \cdot R_3 = (m_1 - m_2 - m_3) \cdot \omega^2 \cdot R_1 \quad (5)$$

Mesmo com valores muito pequenos da redução de massa  $m_3$  da zona infra-radial 1601, por exemplo, 1 ou 2 gramas, o valor da resultante das forças  $F$  aproxima-se bastante de zero e o desequilíbrio dinâmico da roda 11 fica reduzido comparativamente com uma roda em que todas as zonas infra-radiais são idênticas entre si, independentemente das suas massas  $m_z$ , uma roda em que o módulo da força resultante seria dado pela fórmula (6):

$$F' = m_1 \cdot \omega^2 \cdot R_1 - m_2 \cdot \omega^2 \cdot R_2 = (m_1 - m_2) \cdot \omega^2 \cdot R_1 \quad (6)$$

Com uma selecção conveniente da redução de massa  $m_3$  da zona infra-radial 1601 em relação às restantes zonas infra-radiais 1602-1616, é possível cancelar totalmente o desequilíbrio devido à presença do par de peças intercaladas 136 ou devido a outro tipo de junta de união e da válvula 7. Na realidade, se a redução de massa for dada pela fórmula (7) seguinte:

$$m_3 = m_1 - m_2$$

o valor da resultante das forças  $F$  é igual a zero.

Assim sendo, com um tal valor de redução de massa  $m_3$ , embora uma roda 13 com uma válvula 7, do tipo vulgarmente comercializado, fique desequilibrada, logo que a válvula 7 tenha sido montada e também logo que as ligações radiais e o cubo da roda tenham sido montados, a roda 11 irá ficar perfeitamente equilibrada. A este propósito convém salientar que os valores das massas  $m_1$  e  $m_2$  da

válvula 7 e das peças intercalares 136 de união são predeterminados e consequentemente o valor  $m_3$  da massa que irá ser reduzida na zona infra-radial 1601 pode ser calculado facilmente.

#### EXEMPLO 1

Tomemos em consideração uma válvula 7 de latão de dimensões convencionais para bicicletas de estrada, com uma massa de 6 gramas, e uma junta de união com um par de peças intercalares 136 de alumínio com uma massa de 10 gramas.

Com uma redução de massa  $m_3$  da zona infra-radial 1601 igual a 4 gramas, a roda 11 fica perfeitamente equilibrada.

A roda 21, de acordo com uma segunda variante da invenção, está representada na figura 7 e o aro correspondente 23 está representado em corte, com a válvula 7 montada, na figura 8.

A roda 21 é diferente da roda 11 da figura 1 devido ao facto de ambas as zonas infra-radiais 2602 e 2616, adjacentes à zona infra-radial 2601, que compreendem a zona de união 234 possuírem uma espessura reduzida e por isso uma massa reduzida, respectivamente  $m_z - m_4$  e  $m_z - m_5$ , em relação às restantes zonas infra-radiais 2601 e 2603-2615, de massa  $m_z$ .

A resultante das forças que actuam na roda 21 em condições dinâmicas pode ser representada pela fórmula (8) seguinte:

$$F = F_1 + F_2 + F_4 + F_5 \quad (8)$$

em que:

$$F_4 = m_4 * \omega^2 * R_4 \quad (9)$$

$$F_5 = m_5 * \omega^2 * R_5 \quad (10)$$

em que os símbolos  $R_4$  e  $R_5$  representam as distâncias desde o centro da roda 21 dos centros de massa respectivamente da redução de massa  $m_4$  da zona infra-radial 2602 e da redução de massa  $m_5$  da zona infra-radial 2616 e em que os símbolos restantes possuem as definições descritas antes a propósito da primeira variante.

Faz-se observar também que cada uma das forças  $F_4$  e  $F_5$  forma um ângulo  $\alpha$  de  $11,25^\circ$  (um trinta e dois avos de uma revolução) com o diâmetro  $D$  que passa entre a zona da junta de união 234 e a válvula 7, que é o diâmetro ao longo do qual as forças  $F_1$  e  $F_2$  actuam em sentidos opostos. Se as massas  $m_4$  e  $m_5$  forem iguais, a resultante das duas forças  $F_4$  e  $F_5$  actua ao longo do diâmetro  $D$  no sentido oposto ao da força  $F_1$ .

Mesmo com valores bastante limitados das massas  $m_4$  e  $m_5$ , por exemplo, de 1 ou 2 gramas, o desequilíbrio dinâmico da roda 21 é reduzido comparativamente com uma roda em que totalidade das dezasseis zonas infra-radiais 2601-2616 são idênticas entre si (fórmula (6)).

A fórmula anterior (8), no caso particular de massas  $m_4$  e  $m_5$  iguais e considerando as distâncias  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_4$  e  $R_5$  iguais entre si, reduz-se à expressão escalar de fórmula (11) seguinte:

$$F = m_1 \cdot \omega^2 \cdot R_1 - m_2 \cdot \omega^2 \cdot R_2 - m_4 \cdot \omega^2 \cdot R_4 \cdot \cos \alpha - m_5 \cdot \omega^2 \cdot R_5 \cdot \cos \alpha = \\ (m_1 - m_2 - 2 \cdot m_4 \cdot \cos \alpha) \cdot \omega^2 \cdot R_1 \quad (11)$$

O desequilíbrio devido à presença do par de peças intercalares 136, ou de um outro tipo de junta de união na zona 134, e à válvula 7 pode ser totalmente suprimido com uma escolha conveniente de valores  $m_4$  e  $m_5$  que cancelam o valor absoluto da resultante das forças  $F$ , conforme expresso pela fórmula (12) seguinte:

$$m_4 = m_5 = (m_1 - m_2) / 2 \cdot \cos \alpha \quad (12)$$

## EXEMPLO 2

Nas condições ilustradas anteriormente e com os valores indicados no Exemplo 1 para as massas  $m_1$  (10 gramas) e  $m_2$  (6 gramas), conclui-se que a roda 21, com massas  $m_4$  e  $m_5$  das zonas infra-radiais 2602 e 2616 aproximadamente iguais a 2,2 gramas, fica perfeitamente equilibrada.

Faz-se observar que a redução de massa, como alternativa às zonas infra-radiais 2602, 2616, pode ser feita nas zonas infra-radiais 2603 e 2615 a elas adjacentes ou ainda nas zonas infra-radiais 2604 e 2614 adjacentes a estas últimas, simplesmente tomando em consideração, no valor da redução de massa, o ângulo maior que as forças relativas formam com o diâmetro  $D$  comum à zona 234 da junta de união e à válvula 7. Em tal caso, a quantidade de material que terá de ser removido deve ser conseqüentemente maior do que no caso da redução de massa nas zonas infra-radiais 2602, 2616.

Mais uma vez, faz-se observar que é possível uma variante intermédia entre a primeira e a segunda variantes ilustradas anteriormente, fazendo reduções de massa de valores convenientes nas zonas infra-radiais 3601, 3602 e 3616 ou ainda nas zonas infra-radiais 3601, 3603 e 3615 ou então nas zonas infra-radiais 3601, 3604 e 3614.

Na figura 9 está representada uma roda 31 de acordo com uma terceira variante da invenção, estando o aro 33 correspondente representado em corte, com a válvula 7 montada, na figura 10. Há uma parte do aro 33 que está ilustrada ampliadamente na figura 11.

A roda 31 difere da roda 11 da figura 1 porquanto, independentemente da zona infra-radial 3609 compreender o furo 335 para a válvula 7 que tem a massa  $m_z$ , não só a zona infra-radial 3601 compreende a zona 334 da junta de união como também a totalidade das restantes zonas infra-radiais 3602-3608 e 3610-3616 possuem uma espessura reduzida e conseqüentemente uma massa reduzida, em particular  $m_z - m_3$ .

Pode concluir-se imediatamente que as forças devidas às duas zonas infra-radiais diametralmente opostas de espessura reduzida, por

exemplo, as zonas 3602 e 3610, sendo iguais e opostas se cancelam mutuamente.

A resultante das forças que actuam na zona 31 em condições dinâmicas é assim, uma vez mais, expressa pela fórmula (1) anterior.

Faz-se observar que a mesma expressão (1) da força resultante é obtida fazendo as zonas infra-radiais 3602-3608 e 3610-3616 com uma espessura que seja reduzida até um grau diferente do grau de redução da zona infra-radial 3601, por exemplo de massa  $(m_z - m_3) \pm m_6$ .

Além disso, faz-se observar que a mesma expressão (1) da força resultante é obtida fazendo apenas um par ou alguns pares de zonas infra-radiais 3602-3608 e 3610-3616 diametralmente opostas com uma espessura reduzida, por exemplo, com uma massa  $m_z - m_3$  ou  $(m_z - m_3) \pm m_6$ . Por exemplo, pode ser feita uma redução de massa nas zonas infra-radiais 3605 e 3613 ou ainda nas zonas infra-radiais 3603, 3611, 3605, 3613, 3607, 3615, etc.

Na figura 12 esta representada esquematicamente uma roda 41 de acordo com uma quarta variante da invenção e na figura 13 está representado em corte o correspondente aro 43 com a válvula 7 montada. Na figura 14 está ilustradas ampliadamente uma parte do aro 43.

O modelo de distribuição dos raios da roda 41 é, mais uma vez, do tipo em que as ligações radiais 14 estão dispostas de modo a ficarem igualmente afastadas ao longo do perímetro circular do aro 43.

No entanto, o modelo de distribuição dos raios da roda 41 é do tipo ímpar, porquanto o conjunto de ligações radiais 14 é constituído por 21 ligações radiais, catorze do lado direito do cubo de roda 42 e sete do lado esquerdo do cubo de roda 42.

Assim sendo, estão definidas vinte e uma zonas 4501-4521 de fixação dos raios e vinte e uma zonas infra-radiais 4601-4621.

O furo 435 para a válvula 7 não está diametralmente oposto à zona 434 da junta de união, posição essa em que há uma sede de encosto 131 para uma ligação radial 14. Deste modo, o furo 435 para a válvula 7 define um ângulo de cerca de  $8,5^\circ$  (um quarenta e dois avos de uma revolução) em relação ao diâmetro D1 que passa pela zona 434 da junta de união.

De acordo com a invenção, para se reduzir ou mesmo eliminar o desequilíbrio dinâmico da roda 41, devido às massas localizadas, m1 da junta de união 434 e m2 da válvula 7, propõe-se que seja feita uma redução de espessura, e consequentemente de massa, em todas as zonas infra-radiais distintas da zona infra-radial 4612 que está situada numa posição directamente oposta à zona infra-radial 4611 onde está situado o furo 435 para a válvula 7 em relação ao diâmetro D1. Na figura 13 as zonas infra-radiais 4601-4611 e 4613-4621 de espessura reduzida também estão representadas a negro, apenas para fins ilustrativos.

A resultante das forças **F** pode ser expressa mais facilmente, para a presente variante, considerando, em vez da redução de massa das diversas zonas infra-radiais, a “massa suplementar” m7 da zona infra-radial 4612, ou seja, dito por outras palavras, o oposto da redução de massa m3 que não é feita na referida zona infra-radial 4612, tal como na fórmula (13) seguinte:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F1} + \mathbf{F2} + \mathbf{F7} \quad (13)$$

em que o valor absoluto da força **F7** é dado por:

$$F7 = m7 * \omega^2 * R7 \quad (14)$$

em que o símbolo R7 indica a distância entre o centro da roda 41 e o centro da massa m7 e em que os restantes símbolos possuem as significações indicadas antes a propósito da primeira variante.

As distâncias R1, R2 e R7 podem ser consideradas praticamente iguais umas às outras.

A força componente **F7** e a força componente **F2**, que é o efeito da válvula 7, fazem um ângulo  $\beta$  de cerca de  $8,5^\circ$  (um quarenta e dois avos de uma revolução) com o diâmetro D1 que passa pela zona 434 da junta de união.

Ainda no caso da roda 41, é possível reduzir o desequilíbrio dinâmico relativamente a uma roda em que a totalidade das vinte e uma zonas infra-radiais são idênticas umas às outras, mesmo com valores muito baixos, por exemplo, 1 ou 2 gramas, de redução na massa das zonas 4601-4611 e 4613-4621 e eliminar, com valores convenientemente escolhidos de uma tal redução de massa, esse desequilíbrio.

No caso em que a resultante das forças **F1** e **F2**, devido aos aumentos de massa localizados devidos à zona 434 da junta de união e à válvula 7 - a resultante tem de ser compensada pela força **F7** - forma com o diâmetro D1 um ângulo diferente do ângulo  $\beta$ , é possível deslocar o centro de massa da "massa suplementar" m7 executando um trabalho convenientemente assimétrico na zona infra-radial 4602 e/ou fazendo ainda uma redução convenientemente assimétrica da espessura da zona infra-radial 4612 pratica e diametralmente oposta a ela e/ou fazendo o furo 435 para a válvula numa posição descentrada na zona infra-radial 4611.

### EXEMPLO 3

Tomemos em consideração uma válvula 7 de latão de dimensões convencionais para bicicletas de estrada, com uma massa de 6 gramas, e uma junta de união com um par de peças intercalares de alumínio 136 com uma massa de 7 gramas.



Com uma “massa suplementar”  $m_7$  da zona infra-radial 4612 igual a 2,6 gramas, a resultante das forças  $F$  é praticamente nula e consequentemente a roda 41 fica substancialmente equilibrada.

Também no caso da variante agora descrita, faz-se observar que é possível deixar ficar outras zonas de fixação dos raios com a sua espessura original ou tratá-las diferentemente, entre as zonas 4601-4611 e 4612-4621. É possível, por exemplo, identificar grupos de zonas infra-radiais igualmente distanciadas cujas forças componentes se anulam umas às outras, independentemente do valor absoluto das suas massas, por exemplo, os conjuntos triplos 4303, 4310, 4317 e 4307, 4314, 4321 e semelhantes, ou ainda grupos de sete zonas infra-radiais.

Na figura 15 está representada esquematicamente uma zona 51, em particular uma roda traseira, de acordo com uma quinta variante da invenção e o aro correspondente 53 está representado em corte, com a válvula 7 montada na figura 16.

O modelo de distribuição de raios da roda 51 é constituído por vinte e quatro ligações radiais 14 agrupadas em oito conjuntos de três. São assim definidas oito zonas de fixação de grupos de raios 5501-5508, cada uma delas constituída por três sedes de assentamento 131 de fixação dos raios, alternando com oito zonas infra-radiais 5601-5608. Nas zonas de fixação dos grupos de raios 5501-5508 é possível definir vinte e quatro zonas de fixação dos raios entre as quais apenas estão numeradas na figura 15, por razões de simplicidade, as zonas 5505a, 5505b e 5505c, e também é possível definir outras dezasseis zonas infra-radiais das quais na figura 15, por razões de simplicidade, apenas estão numeradas as zonas 5604a, 5604b, 5605a e 5605b.

O modelo de distribuição dos raios da roda 51 é consequentemente do tipo par e o furo 535 para a válvula 7 está feito, de forma vantajosa, em posição diametralmente oposta à zona 534 da junta de união, ao longo do diâmetro D.

O facto de os raios estarem agrupados conjuntamente e em consequência disso as zonas infra-radiais terem extensões diferentes,

não faz nenhuma diferença em termos de aplicação dos conceitos da invenção

Assim, é possível reduzir ou mesmo eliminar o desequilíbrio dinâmico da roda 51, devido às massas  $m_1$  localizadas na junta de união 534 e  $m_2$  da válvula 7, de uma maneira conceptualmente idêntica às da primeira, da segunda ou da terceira variantes descritas antes, sendo válidas todas as suas generalizações.

De acordo com uma primeira solução, os conceitos inventivos anteriormente enunciados podem ser aplicados considerando apenas as zonas infra-radiais 5601-5608 entre as zonas de fixação de grupos de raios, que são as que possuem a extensão maior.

Como exemplo, na roda 51 das figuras 15 e 16 está representada uma variante que corresponde à terceira variante referida, ou seja, dito por outras palavras, é feita uma redução de espessura e consequentemente de massa em todas as zonas infra-radiais 5601-5604 e 5605-5608 entre as zonas de fixação de grupos de raios, com excepção da zona infra-radial 5605 onde está o furo 535 para a válvula. Na figura 15 as zonas infra-radiais de espessura reduzida também estão escurecidas apenas por razões ilustrativas.

Faz-se observar que na figura 16 está indicada uma junta de união em que se utiliza a manga 136a das figuras 5 e 6, mas neste caso também é possível utilizar o sistema de união alternativo anteriormente descrito a propósito da primeira variante.

A resultante das forças  $F$  é expressa, mais uma vez, pela fórmula (1) e é possível conseguir um equilíbrio perfeito, tal como no exemplo subsequente.

#### EXEMPLO 4

Tomemos agora em consideração uma válvula 7 de latão de dimensões convencionais para bicicletas de estrada, com uma massa de 6 gramas e uma junta de união com manga de alumínio 136a com uma massa de 11 gramas.

Com um valor de redução de massa  $m_3$  da zona infra-radial 5601 (e das zonas infra-radiais 5602-5604 e 5606-5608) igual a 5 gramas, a resultante das forças  $F$  é nula e consequentemente a roda 41 fica perfeitamente equilibrada.

De acordo com uma solução diferente, os conceitos inventivos anteriormente descritos, no seu sentido mais geral, podem, contudo, ser aplicados, considerando também as zonas infra-radiais 5605a, 5605b e as análogas.

Apenas a título de exemplo, de acordo com uma solução correspondente à segunda variante, a redução de massa poderia ser feita nas zonas infra-radiais 5604b e 5605a e/ou nas zonas infra-radiais 5604a e 5605b e/ou nas zonas infra-radiais 5604 e 5606.

Na figura 17 está representada esquematicamente uma roda 61, em particular uma roda traseira, de acordo com uma sexta variante da invenção, e o aro correspondente 63 está representado em corte, com a válvula 7 montada, na figura 18.

O modelo de distribuição de raios da roda 61 compreende vinte e uma ligações radiais 14, agrupadas em sete conjuntos de três. Assim sendo, são definidas sete zonas de fixação de grupos de raios 6501-6507, cada uma constituída por três sedes de encaixe 131 de fixação de raios, alternando com sete zonas infra-radiais 6601-6607. Nas zonas de fixação de grupos de raios 6501-6507, é possível definir vinte e uma zonas de fixação de raios, das quais apenas estão numeradas as zonas 6504a, 6504b e 6504c na figura 17 por razões de simplicidade e outras catorze zonas infra-radiais das quais apenas estão numeradas 6604a e 6604b na figura 17 por razões de simplicidade.

O modelo de distribuição de raios da roda 61 é consequentemente do tipo ímpar e o furo 635 para a válvula 7 não fica diametralmente oposto à zona 634 da junta de união, uma posição em que há uma sede de encaixe 131 para uma ligação radial 14. Assim sendo, o furo 635 para a válvula 7 define um ângulo  $\gamma$  de cerca de  $25,7^\circ$  (um catorze

avos de uma revolução) em relação ao diâmetro  $D_1$  que passa pela zona 634 da junta de união.

Ainda na figura 18, está indicada uma junta de união em que se utiliza a manga 136a das figuras 5 e 6, mas é possível utilizar o sistema de união alternativo descrito antes a propósito da primeira variante.

Ainda no caso do modelo de distribuição de raios com um número ímpar de grupos de três (ou de agrupamentos de qualquer outro número de ligações radiais), o facto de os raios estarem agrupados conjuntamente, e por esse motivo as zonas infra-radiais terem extensões diferentes, não faz nenhuma diferença para efeitos de aplicação dos conceitos da invenção.

Assim, é possível reduzir ou mesmo eliminar o desequilíbrio dinâmico da roda 61 devido às massas  $m_1$  localizadas da junta de união 634 e  $m_2$  da válvula 7 de uma maneira conceptualmente idêntica à da quarta variante anteriormente descrita, sendo válidas todas as suas generalizações, mas considerando apenas as zonas infra-radiais 6601-6607 entre as zonas de fixação de grupos de raios, com maior extensão, e considerando também as zonas infra-radiais 6604a, 6604b e as análogas.

Apenas a título de exemplo, na zona 61 das figuras 17 e 18, para se reduzir ou mesmo eliminar o desequilíbrio dinâmico, devido às massas localizadas  $m_1$  da junta 634 e  $m_2$  da válvula 7, propõe-se que se faça uma redução de espessura e consequentemente de massa nas zonas infra-radiais 6601-6607, a qual representa a totalidade das zona infra-radiais entre as zonas de fixação de grupos de raios, com a excepção da zona infra-radial 6605 que está numa posição directamente oposta à zona infra-radial 6604 onde está o furo 635 para válvula 7 relativamente ao diâmetro  $D_1$ . Ainda na figura 17, as zonas infra-radiais 6601-6604 e 6606-6607 de espessura reduzida estão enegrecidas apenas para fins ilustrativos.

A resultante das forças  $F$  pode ser, mais uma vez expressa pela fórmula(13) considerando, em vez da redução de massa das diversas

zonas infra-radiais, a “massa suplementar”  $m_7$  da zona infra-radial 6605, ou seja, dito por outras palavras, o oposto da redução da massa  $m_3$  que não é feito nessa zona infra-radial 6605.

A força componente  $F_7$  e a força componente  $F_2$ , que são o efeito da válvula 7, formam um ângulo  $\gamma$  de cerca de  $25,7^\circ$  (um catorze avos de uma revolução) com o diâmetro  $D_1$  que passa pela zona de união 634.

Ainda no caso da roda 61, é possível reduzir o desequilíbrio dinâmico relativamente a uma roda em que a totalidade das sete zonas infra-radiais são idênticas entre si, mesmo com valores muito baixos, por exemplo, 1 ou 2 gramas, da redução de massa das zonas 6601-6604 e 6606-6607 e com valores convenientemente escolhidos de uma tal redução de massa, até se eliminar praticamente tal desequilíbrio.

#### EXEMPLO 5

Tomemos agora em consideração uma válvula 7 de latão, de dimensões convencionais para bicicletas de estrada, com uma massa de 6 gramas e com uma junta de união com manga de alumínio 136a com uma massa de 11 gramas.

Com uma redução de massa  $m_3$  de todas as zonas infra-radiais 6601-6604 e 6606-6607 que se desenvolvem entre as zonas de fixação de grupos de raios, com excepção da zona infra-radial 6605, igual a 6 gramas, a resultante das forças  $F$  é praticamente nula e em consequência disso a roda 61 fica praticamente equilibrada.

Apenas como um outro exemplo, a redução de massa poderia ser feita suplementarmente na zona infra-radial 6604a e/ou na zona infra-radial 6604b, de modo a compensar, de uma maneira ainda mais exacta, a resultante das forças  $F_1$  e  $F_2$  devidas aos aumentos de massas localizados resultantes da zona da junta de união 634 e da válvula 7, caso em que forma com o diâmetro  $D_1$  um ângulo diferente do ângulo  $\gamma$ .

Nas variantes anteriores presumiu-se sempre que a massa  $m_1$  da junta de união é maior do que a massa  $m_2$  da válvula, uma vez que esta é a situação mais vulgar. No entanto, os especialistas na matéria devem ter presente que é possível, no caso de a massa  $m_1$  da junta de união ser, contrariamente ao exposto antes, menor do que a massa  $m_2$  da válvula, aplicar as soluções até agora descritas, *mutatis mutandis*.

Como é evidente, faz-se observar também que tudo quanto se disse a propósito da primeira variante, respeitante ao tipo e à geometria do trabalho de remoção de material, é válido para todas as outras variantes.

A figura 19 representa uma roda 71, em particular uma roda traseira, de acordo com uma sétima variante da invenção, e o aro 73 correspondente está representado em corte, com a válvula 7 montada, na figura 20. Há uma parte do aro 73 que está ilustrada ampliadamente na figura 21.

O modelo de distribuição de raios da roda 71 é idêntico ao descrito anteriormente a propósito da roda 51 da quinta variante (figura 15), de tipo par, com vinte e quatro ligações radiais, agrupadas conjuntamente em grupos de três. Posto isto, são definidas oito zonas de fixação de grupos de raios 7501-6508, e oito zonas infra-radiais 7601-7608. Nas zonas de fixação de grupos de raios 7501-7508, podem ser definidas 24 zonas de fixação de raios, das quais apenas as zonas 7505a, 7505b e 7505c estão numeradas na figura 19 por razões de simplicidade e podem ser definidas mais outras dezasseis zonas infra-radiais das quais apenas as zonas 7605a e 7605b estão numeradas na figura 19 por razões de simplicidade.

No entanto, na roda 71, o aro 73 é feito a partir de um material compósito, sendo produzido por moldagem e reticulação ou secagem de um material fibroso, por exemplo, fibras de carbono, numa matriz de material polimérico. Os pormenores para o fabrico do aro 73 podem ser encontrados, por exemplo, no documento EP 1 231 077

aqui incorporado por referência. O aro 73 é feito de uma só peça e consequentemente nele não há nenhuma junta de união.

Contudo, ainda no caso do aro 73, há uma descontinuidade ou um aumento de massa localizado, representado pela válvula 7, o que é dinamicamente compensado, de acordo com a invenção, mediante uma redução de massa em algumas zonas infra-radiais, conseguida por redução da espessura.

A redução de espessura, no caso dos aros feitos a partir de um material compósito, pode ser obtida com subsequente trabalho de remoção de material, da maneira e em conformidade com as geometrias indicadas antes.

Porém, tal trabalho também pode ser vantajosamente realizado não por meio de trabalho subsequente de remoção de material mas sim directamente no passo de fabrico do aro 73, simplesmente colocando uma menor quantidade do material no molde nas regiões desejadas. A propósito disto, conforme descrito, por exemplo, no documento supramencionado EP 1 231 077, faz-se observar que o material de fibras de carbono, numa matriz de material polimérico, está disponível em camadas que são aplicadas umas sobre as outras até se obter a espessura desejada para as diversas regiões do aro, por exemplo, espessuras diferentes para a ponte 139 inferior, a ponte 133 superior e as paredes laterais 138a e 138b (figura 2). Assim sendo, é possível colocar no molde um número menor de camadas nas zonas infra-radiais que devam ter, de acordo com a presente invenção, uma massa reduzida pelo menos parcialmente para compensar o aumento de massa localizado devido à válvula 7.

Admitindo o caso em que o aro 73 é uma peça única, a válvula 7 representa o único aumento de massa localizado presente e a redução de espessura é feita na presente variante, na zona infra-radial 7605 onde está situado o furo 735 para a válvula 7.

A resultante das forças centrífugas que actuam na roda 71 em condições dinâmicas pode ser expressa pela fórmula (15) seguinte:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F2} + \mathbf{F8} \quad (15)$$

em que o valor absoluto da força **F8** é dado por:

$$F8 = m8 * \omega^2 * R8 \quad (16)$$

em que o símbolo **R8** define a distância entre o centro da roda 71 e o centro de massa da redução de massa **m8** da zona infra-radial 7605 relativamente às restantes zonas infra-radiais 7601-7604 e 7606-7608, com desenvolvimento semelhantes entre zonas de grupos de raios, e em que os restantes símbolos têm as significações definidas antes.

Faz-se observar que a força **F8** e a força **F2**, isto é, o efeito do aumento de massa localizado devido à válvula 7, actuam ambas ao longo do diâmetro **D2** que passa pela válvula 7, em sentidos opostos.

Ainda no caso da roda 71, é possível reduzir também o desequilíbrio dinâmico que tem lugar numa roda em que a totalidade das oito zonas infra-radiais 7601-7608 que se desenvolvem entre zonas de grupos de raios são idênticas entre si, mesmo com valores muito baixos, por exemplo, 1 ou 2 gramas, de redução de massa na zona infra-radial 7605 e com um valor convenientemente escolhido de tal massa, para se eliminar esse desequilíbrio.

Na realidade, no caso de se seleccionar:

$$m8 = m2$$

a resultante das forças **F** é nula e consequentemente o conjunto constituído pelo aro 73 e pela válvula 7 fica perfeitamente equilibrado, bem como a roda 71.



#### EXEMPLO 6

Consideremos uma válvula 7 de latão de dimensões convencionais para bicicletas de estrada, com um peso de 6 gramas, e vamos considerar desprezáveis os efeitos do furo 735 para a válvula 7.

A força  $F_2$ , de valor absoluto  $m_2 \cdot \omega^2 \cdot R_2$ , irá ser compensada por uma redução de massa na zona infra-radial 7605 igual a 6 gramas, relativamente às restantes zonas infra-radiais.

A figura 22 representa uma roda 81, em particular uma roda traseira, de acordo com uma oitava variante da invenção, e o aro correspondente 83 está representado em corte, com a válvula 7 montada na figura 23. Há uma parte do aro 83 que está ilustrada ampliadamente na figura 24.

O modelo de distribuição de raios da roda 81 é idêntico ao descrito antes a propósito da roda 71 da sétima variante (figura 19) do tipo par com vinte e quatro ligações radiais agrupadas conjuntamente em grupos de três. Assim, são definidas oito zonas de fixação de grupos de raios 8501-8508 e oito zonas de infra-radiais 8601-8608. Nas zonas de fixação dos grupos de raios 8501-8508, podem ser definidas 24 zonas de fixação de raios, das quais apenas estão numeradas as zonas 8505a, 8505b e 8505c na figura 22, por razões de simplicidade, e outras dezasseis zonas infra-radiais das quais apenas estão numeradas as zonas 8605a e 8605b na figura 22, por razões de simplicidade.

Também no caso da roda 81, o aro 83 é constituído por uma só peça de um material compósito e por esse motivo não há nenhuma junta de união, havendo todavia um aumento de massa localizado, representado pela válvula 7.

A compensação de acordo com a invenção é feita, tal como na sétima variante anteriormente descrita, mediante uma redução de massa feita na zona infra-radial 8605 onde está o furo 635 para a válvula 7.

No entanto, no caso do aro 83, a redução de espessura na zona infra-radial 8605 envolve apenas as duas partes terminais

871 e 872 da própria zona, ao passo que na parte central 873 da zona infra-radial 8605, onde está o furo 835 para a válvula 7, a espessura da parede do aro 83 não é reduzida ou é até mesmo aumentada em relação à parte restante do aro 83. Deste modo, a zona do furo 835 para a válvula 7, que representa um ponto fraco do aro 83, é mantida com uma espessura conveniente para conferir a necessária resistência estrutural ao aro 83.

A resultante das forças que actuam na roda 81, em condições dinâmicas, pode ser expressa mais uma vez pela fórmula (15) e a redução m8 necessária para que haja um equilíbrio perfeito do aro 83, logo que a válvula 7 tenha sido montada, é expressa mais uma vez pela fórmula (17), uma vez que o centro de massa da redução de massa se situa mais uma vez ao longo do diâmetro D2 que passa pela válvula 7, em que o valor de R8 é ligeiramente menor do que o valor de R8 do exemplo 6.

Como é evidente, é possível como alternativa à sétima e à oitava variantes anteriormente descritas, reduzir ou eliminar o desequilíbrio das rodas 71 e 81 também de uma maneira análoga à da segunda variante descrita antes, ou recorrendo a uma combinação de tais variantes, isto é, dito por outras palavras, fazendo duas reduções de espessura, e consequentemente de massa, em alternativa ou em complemento à zona 7605, num par ou em alguns pares de zonas infra-radiais dispostas simetricamente em relação à zona infra-radial 7605, por exemplo, tal como nas zonas infra-radiais 7604 e 7606 e/ou nas zonas infra-radiais 7604b e 7605a, etc.

Além disso, é possível fazer outras reduções de massa, de grandeza igual ou diferente, em pares de zonas infra-radiais diametralmente opostas, por exemplo, nas zonas infra-radiais 7603 e 7607 ou então nas zonas infra-radiais 7602, 7604, 7606, 7608 ou ainda nas zonas infra-radiais 7602-7608, que representam todas as zonas que se desenvolvem entre zonas de grupos de raios, com excepção da zona

infra-radial 7601 diametralmente oposta à zona infra-radial 7605, de uma maneira conceptualmente análoga à da terceira variante.

Mais geralmente, faz-se observar que é sempre possível, no caso de aros de uma só peça, com qualquer tipo de modelo de distribuição de raios, sejam eles simples ou com grupos de ligações radiais, e também no caso dos modelos de distribuição ímpar de raios, eliminar completamente o desequilíbrio dinâmico, fazendo a redução de espessura na zona infra-radial onde está o furo da válvula e/ou pelo menos num par de zonas infra-radiais dispostas simetricamente em relação a esse furo, na metade do aro centrada em torno do furo para a válvula.

No caso dos aros com uma zona de junta de união, por exemplo, como sucede nos aros metálicos, faz-se observar que é possível, em geral, fazer um determinado número de zonas infra-radiais com uma massa reduzida, de modo a que fiquem colocadas na metade do aro centrada em torno do maior aumento de massa localizado, normalmente na zona da junta de união.

No caso em que a zona da junta de união e o furo para a válvula são diametralmente opostos ou em qualquer caso em zonas infra-radiais diametralmente opostas, pode ser aplicado o conceito geral anteriormente enunciado, tomando em consideração que os dois aumentos de massa localizados são equivalentes a um, feito apenas no ponto daquele que tenha maior massa. Assim sendo, com qualquer tipo de modelo de distribuição de raios, seja ele simples ou com grupos de ligações radiais, e também no caso dos modelos de distribuição ímpares de raios, é sempre possível eliminar totalmente o desequilíbrio dinâmico, fazendo a redução de espessura na zona infra-radial onde está localizado o maior aumento de massa e/ou pelo menos num par de zonas infra-radiais dispostas simetricamente em relação a esse ponto, na mesma metade do aro. Os pequenos desvios de posições que sejam exacta e diametralmente opostas da zona da junta de união e do furo para a válvula podem ser tomadas em consideração com uma

progressão assimétrica da espessura da parede das zonas do segundo subconjunto envolvido pela redução de espessura.

Quando a zona da junta de união e do furo para a válvula não são diametralmente opostas, é possível fazer a redução de massa pelo menos numa zona infra-radial disposta do mesmo lado relativamente à posição do menor aumento de massa localizado, em relação ao diâmetro que passa pela posição do maior aumento de massa localizado e na metade do aro centrado em torno deste último ponto.

Em particular, isto deve ser a zona infra-radial adjacente à posição do maior aumento de massa localizado ou na zona adjacente com a mesma extensão, no caso de um modelo de distribuição de raios com grupos de raios.

No entanto, convém esclarecer que a presente invenção não fica limitada, no caso dos aros com juntas de união, por exemplo, como sucede nos aros metálicos, pelo facto de a zona da junta de união ser diametralmente oposta ou quase oposta em relação à válvula. Os especialistas na matéria sabem que é suficiente, no caso de tais elementos estarem muito próximos entre si, aumentar a redução de massa das zonas infra-radiais de massa reduzida, que devem ficar dispostas numa posição conveniente, mais próximas do maior aumento de massa localizado, normalmente a junta de união.

Também é possível fazer uma compensação independente dos aumentos de massa localizados representados pela zona da junta de união e pela válvula, por exemplo, fazendo com que tanto a zona infra-radial onde está a junta de união como a zona infra-radial onde está o furo para válvula tenham uma espessura convenientemente reduzida, e/ou que haja pares de zonas infra-radiais dispostas em oposição directa em torno da zona infra-radial onde está a junta de união e pares de zonas infra-radiais em oposição directa dispostas em torno da zona infra-radial onde está o furo para a válvula, que tenha uma espessura convenientemente reduzida.

Para além dos critério gerais anteriormente enunciados, também é possível fazer outras reduções, pelo menos num grupo de zonas

infra-radiais, possuindo esse grupo uma simetria rotacional, uma vez que, em tal caso, a soma das massas do grupo é nula. Os grupos convenientes compreendem duas zonas diametralmente opostas, três conjuntos de zonas fazendo ângulos de  $120^\circ$ , e não só.

Pretendendo favorecer a redução de massa do aro, é então possível, praticamente em todas as condições, produzir um aro que tenha apenas uma ou duas zonas infra-radiais solidárias ou de elevada espessura, ou apenas uma ou duas das zonas infra-radiais com desenvolvimento entre grupos de raios.

Convém sublinhar, mais uma vez, que as reduções de espessura de cada zona podem ter geometrias assimétricas, por exemplo, para compensar um posicionamento assimétrico do furo para uma válvula e/ou da junta de união na correspondente zona infra-radial, ou para compensar como maior exactidão os dois aumentos de massa localizados, se não forem diametralmente opostos.

Além disso, a solução da oitava variante, de se fazer três regiões com espessuras diferentes na zona infra-radial onde está o furo para uma válvula, também pode ser aplicada com juntas de união metálicas, se a redução de espessura feita de acordo com a invenção também tiver de envolver tal zona, tal como sucede, em particular, no caso de a válvula ser mais pesada do que a zona da junta de união.

Lisboa, 12 MAR. 2008

## REIVINDICAÇÕES

1. Aro (13; 23; 33; 43; 53; 63; 73; 83) de uma roda de bicicleta com raios (11; 21; 31; 41; 51; 61; 71; 81), o qual possui zonas de fixação dos raios (1501-1516; 2501-2516; 3501-3516; 4501-4521; 5501-5508; 5505a-c; 6501-6507, 6504a-c; 7501-7508, 7505a-c; 8501-8508, 8505a-c) e zonas infra-radiais (1601-1616; 2601-2616; 3601-3616; 4601-4621; 5601-5608, 5605a-b; 6601-6607, 6604a-b; 7601-7608, 7605a-b; 8601-8608, 8605a-c), caracterizado pelo facto de as referidas zonas infra-radiais compreenderem um primeiro conjunto de zonas infra-radiais possuindo uma primeira espessura de parede média e um segundo subconjunto de zonas infra-radiais (1601; 2602, 2616; 3601-3608, 3610-3616; 4601-4611, 4612-4621; 5601-5604, 5606-5608; 6601-6603, 6605-6607; 7605; 8605), em que cada zona infra-radial do segundo subconjunto possui uma menor espessura de parede média do que a referida primeira espessura de parede média, estando as referidas zonas infra-radiais do segundo subconjunto distribuídas pelo menos parcialmente de modo a compensar pelo menos um aumento de massa localizado (7; 134, 234, 334, 434, 534, 634, 734, 834) da roda.
2. Aro de acordo com a reivindicação 1, em que o referido aumento de massa localizado, eventualmente único, compreende um primeiro aumento de massa localizado numa primeira posição e o referido segundo subconjunto compreende uma zona infra-radial onde está situada a primeira posição.
3. Aro de acordo com uma das reivindicações 1 ou 2, em que o referido aumento de massa localizado, eventualmente único, compreende um primeiro aumento de massa localizado numa primeira posição e o referido subconjunto compreende pelo menos um par de zonas infra-radiais dispostas simetricamente em torno da referida

primeira posição, numa metade do aro centrada em torno da primeira posição.

4. Aro de acordo com uma das reivindicações 2 ou 3, em que o referido aumento de massa localizado, eventualmente único, compreende também um segundo aumento de massa localizado, menor do que o referido primeiro aumento de massa localizado, e disposto numa segunda posição numa zona infra-radial substancial e diametralmente oposta à primeira posição.
5. Aro de acordo com a reivindicação 1, em que o referido aumento de massa localizado, eventualmente único, compreende um primeiro aumento de massa localizado numa primeira posição e um segundo aumento de massa localizado, menor do que o referido primeiro aumento de massa localizado e situado numa segunda posição numa zona infra-radial que não está diametralmente oposta à primeira posição e em que o referido subconjunto compreende uma zona infra-radial disposta no mesmo lado em que está a segunda posição, relativamente ao diâmetro que passa pela primeira posição e numa metade do aro centrada em torno da primeira posição.
6. Aro de acordo com a reivindicação 5, em que o referido subconjunto compreende a zona infra-radial mais próxima da primeira posição que tem a mesma extensão da zona infra-radial que compreende o referido primeiro aumento de massa localizado.
7. Aro de acordo com a reivindicação 6, em que o referido subconjunto compreende a zona infra-radial que está adjacente à primeira posição.
8. Aro de acordo com a reivindicação 1, em que o referido aumento de massa localizado, eventualmente único, compreende um primeiro

aumento de massa localizado numa primeira posição e um segundo aumento de massa localizado, menor do que o referido primeiro aumento de massa localizado e disposto numa segunda posição e em que o referido subconjunto compreende uma zona infra-radial onde está situada a primeira posição e uma zona infra-radial onde está situada a segunda posição.

9. Aro acordo com umas das reivindicações 1 ou 8, em que o referido aumento de massa localizado, eventualmente único, compreende um primeiro aumento de massa localizado numa primeira posição e um segundo aumento de massa localizado, menor do que o referido primeiro aumento de massa localizado e situado numa segunda posição e em que o referido subconjunto compreende pelo menos um par de zonas infra-radiais dispostas simetricamente em torno da referida primeira posição, numa metade do aro centrada em torno da primeira posição, e pelo menos uma par de zonas infra-radiais simetricamente dispostas em torno da referida segunda posição, numa metade do aro centrada em torno da segunda posição.
10. Aro acordo com umas das reivindicações 2 a 9, em que o referido subconjunto compreende também pelo menos um grupo de zonas infra-radiais, sendo o grupo equilibrado em relação ao eixo do aro.
11. Aro de acordo com a reivindicação 10, em que o referido grupo de zonas, eventualmente único, compreende pelo menos um par de zonas infra-radiais diametralmente opostas.
12. Aro de acordo com uma qualquer das reivindicações anteriores, em que as zonas infra-radiais do segundo subconjunto têm a mesma extensão.



13. Aro de acordo com uma qualquer das reivindicações anteriores, em que as zonas infra-radiais no segundo subconjunto tem uma extensão diferente.
14. Aro de acordo com a reivindicação 1, em que o referido subconjunto é constituído por 1 ou 2 zonas infra-radiais.
15. Aro de acordo com a reivindicação 1, em que o referido segundo subconjunto compreende todas as zonas infra-radiais com excepção de zonas 1 ou 2.
16. Aro de acordo com a reivindicação 1, em que o referido segundo subconjunto compreende todas as zonas infra-radiais existentes entre grupos de raios, com excepção de zonas 1 ou 2.
17. Aro de acordo com uma qualquer das reivindicações anteriores, em que todas as zonas infra-radiais do segundo subconjunto têm a mesma espessura de parede média.
18. Aro de acordo com uma qualquer das reivindicações anteriores, em que cada zona infra-radial do segundo subconjunto possui uma distribuição de massa simétrica.
19. Aro de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 18, em que há pelo menos uma zona infra-radial do segundo subconjunto que possui uma distribuição de massa assimétrica.
20. Aro de acordo com uma qualquer das reivindicações anteriores, em que em cada zona infra-radial do segundo subconjunto são acentuadas as transições de espessura das zonas de fixação de raios adjacentes.

21. Aro de acordo com uma das reivindicações 1 a 19, em que em cada zona infra-radial do segundo subconjunto as transições de espessura das zonas de fixação de raios adjacentes se desenvolvem ao longo de um determinado comprimento do aro.
22. Aro de acordo com uma das reivindicações anteriores, em que a redução de espessura de parede média das zonas infra-radiais do segundo subconjunto está numa ponte inferior do aro.
23. Aro de acordo com a reivindicação 22, em que o referido segundo subconjunto compreende uma zona infra-radial onde está situado um furo para uma válvula e em que a referida zona possui uma região central onde está o furo da válvula e duas regiões terminais, possuindo a região central uma espessura de parede maior do que a das regiões terminais.
24. Aro de acordo com a reivindicação 1, em que a referida primeira espessura de parede média é igual a uma espessura de parede média das zonas de fixação dos raios.
25. Aro de acordo com a reivindicação 1, em que o referido aumento de massa localizado da roda, eventualmente único, compreende uma válvula adequada para ser acoplada ao aro.
26. Aro de acordo com a reivindicação 1, em que o referido aumento de massa localizado da roda, eventualmente único, compreende uma zona da junta de união do aro.
27. Roda de bicicleta com raios que possui um aro de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 26.
28. Método para fabricar um aro de uma roda de bicicleta com raios, o qual compreende o passo que consiste em fazer um aro que

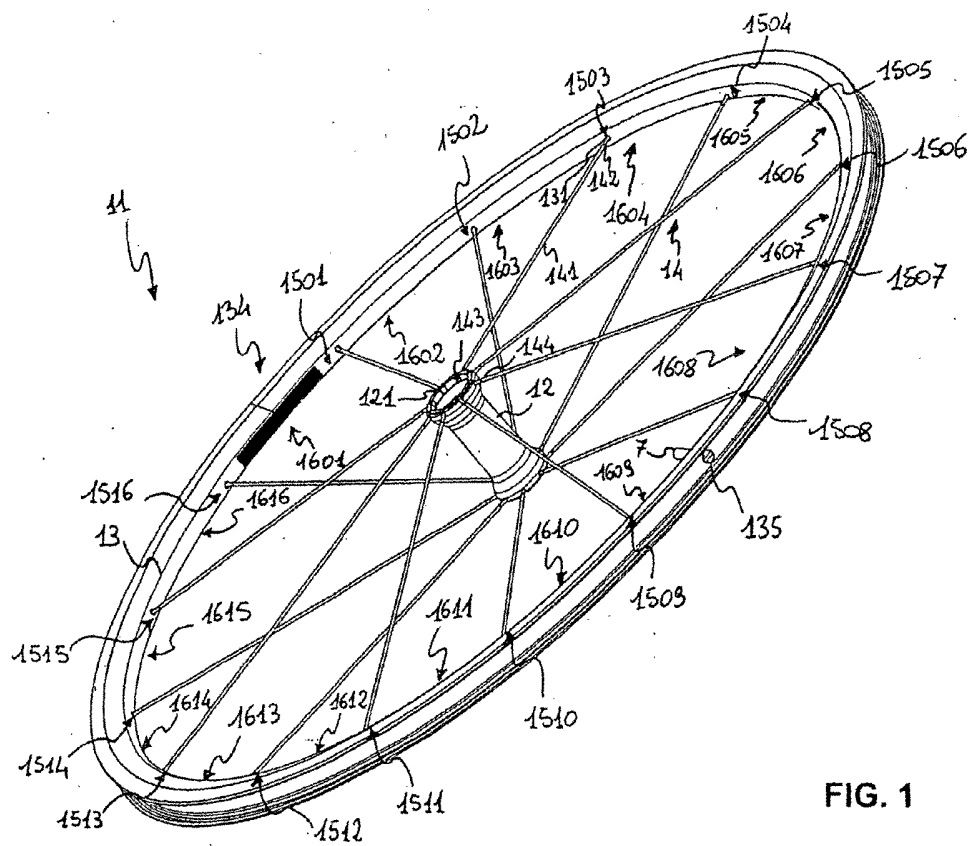
possui zonas de fixação dos raios e zonas infra-radiais, caracterizado pelo facto de haver um primeiro subconjunto das referidas zonas infra-radiais que são formadas com uma primeira espessura de parede média e um segundo subconjunto de zonas infra-radiais que são formadas com uma espessura de parede média menor do que a primeira espessura de parede média, estando as referidas zonas infra-radiais do segundo subconjunto distribuídas de modo a compensar, pelo menos parcialmente, pelo menos um aumento de massa localizado da roda.

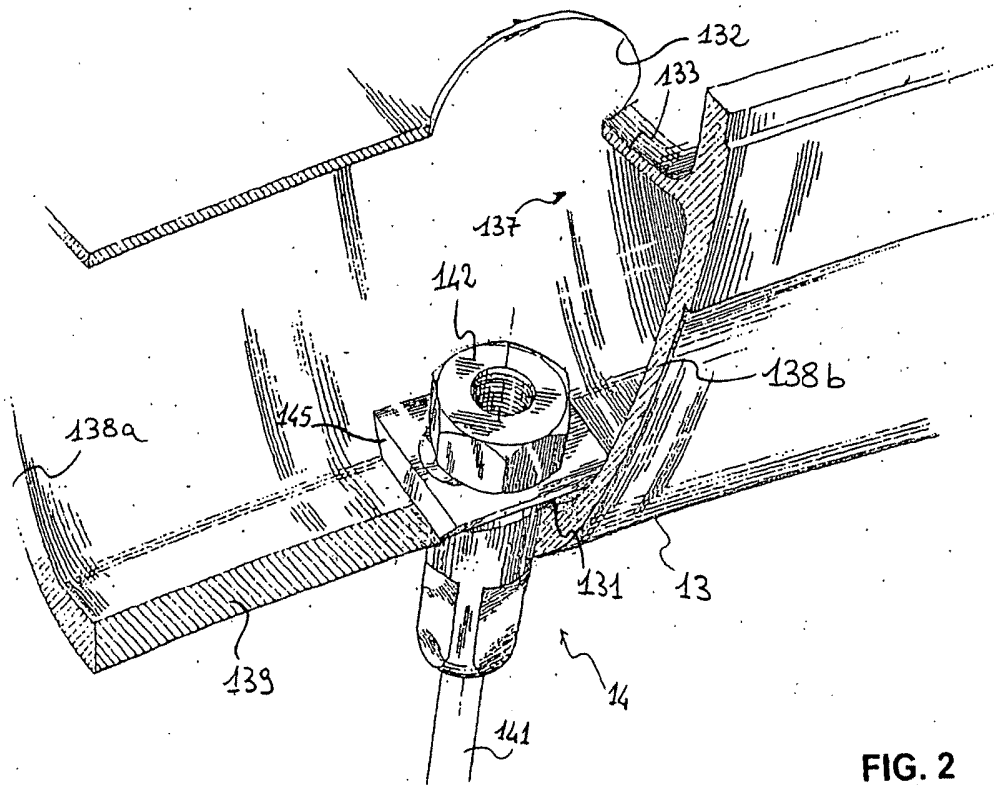
29. Método de acordo com a reivindicação 28, o qual compreende o passo que consiste em aplicar, num molde para fazer o aro, uma quantidade de material compósito, nas zonas infra-radiais do primeiro subconjunto, maior do que nas zonas infra-radiais no segundo subconjunto.
30. Método de acordo com uma das reivindicações 28 ou 29, caracterizado pelo facto de compreender o passo preliminar que consiste em fazer um aro que possui todas as zonas infra-radiais com uma espessura igual de parede média e o passo que consiste em remover material do segundo subconjunto de zonas infra-radiais.
31. Método de acordo com a reivindicação 30, em que o referido passo de remoção de material é realizado por meio de trabalho mecânico.
32. Método de acordo com a reivindicação 31, em que o referido trabalho mecânico é realizado numa fresa.
33. Método de acordo com a reivindicação 30, em que o referido passo de remoção de material é realizado por meio de ataque químico.

34. Método de acordo com a reivindicação 30, em que o referido passo de remoção de material é realizado por erosão por descarga eléctrica.

35. Método de acordo com uma das reivindicações 28 a 34, em que o aro está em conformidade com uma reivindicações 1 a 26.

Lisboa, 12 MAR. 2008





**FIG. 2**

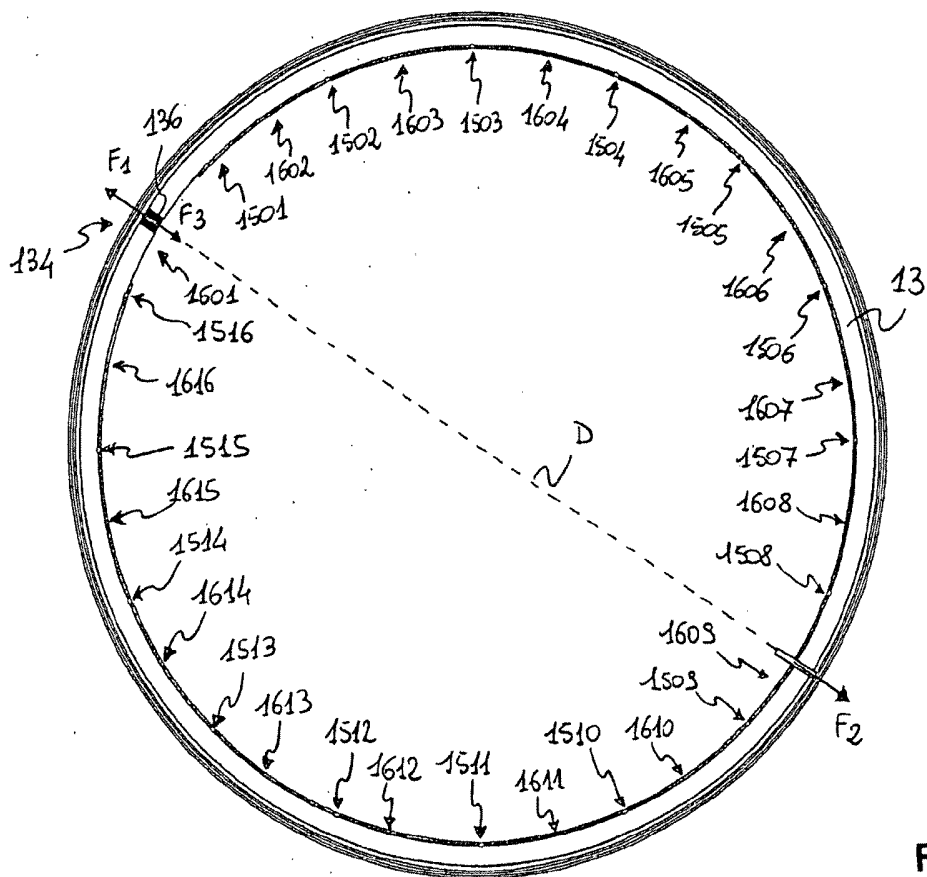


FIG. 3

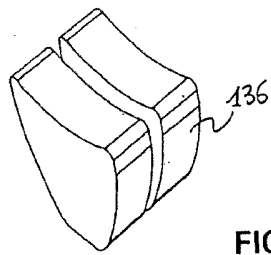


FIG. 4

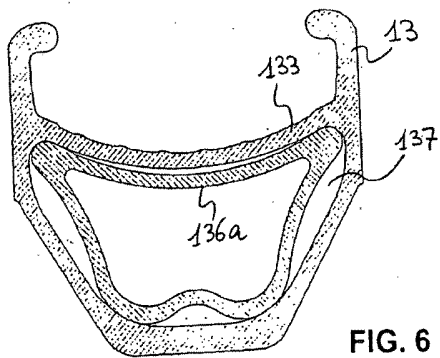


FIG. 6

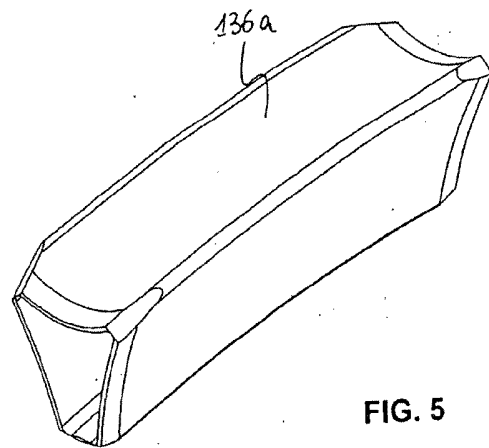


FIG. 5



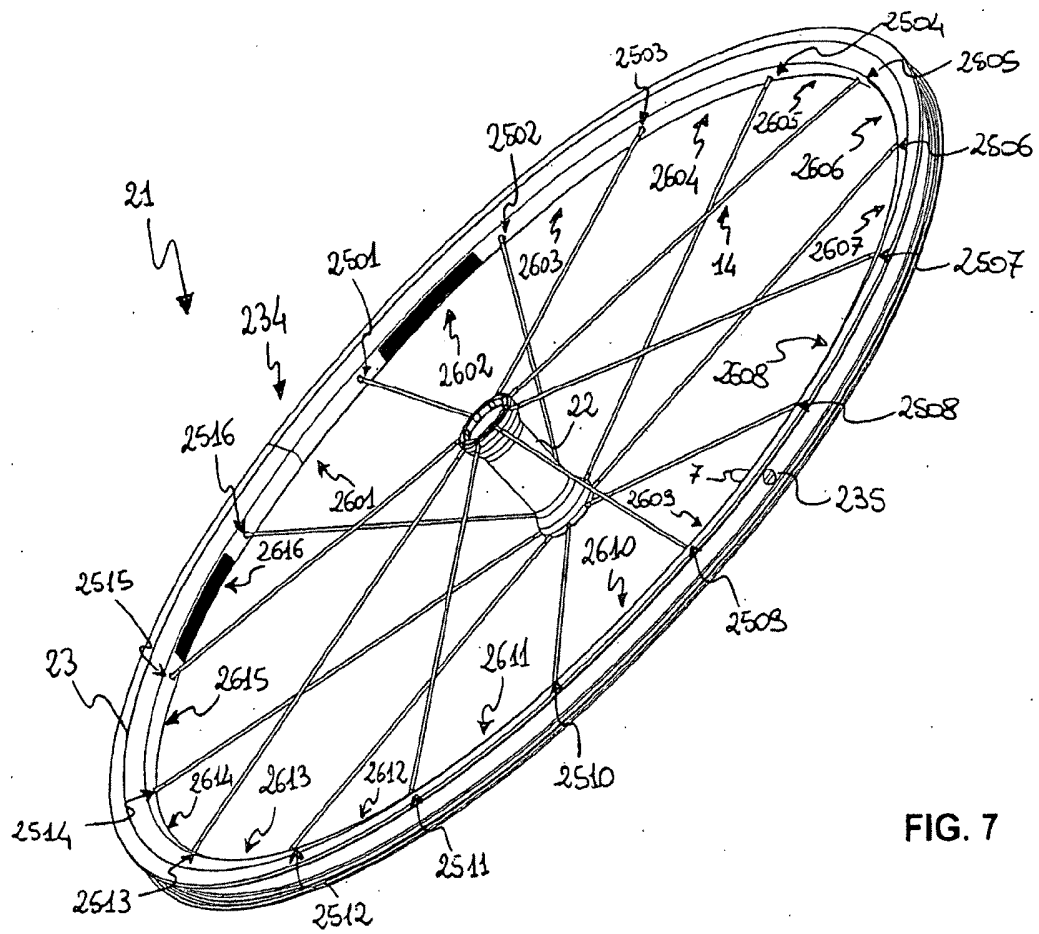


FIG. 7

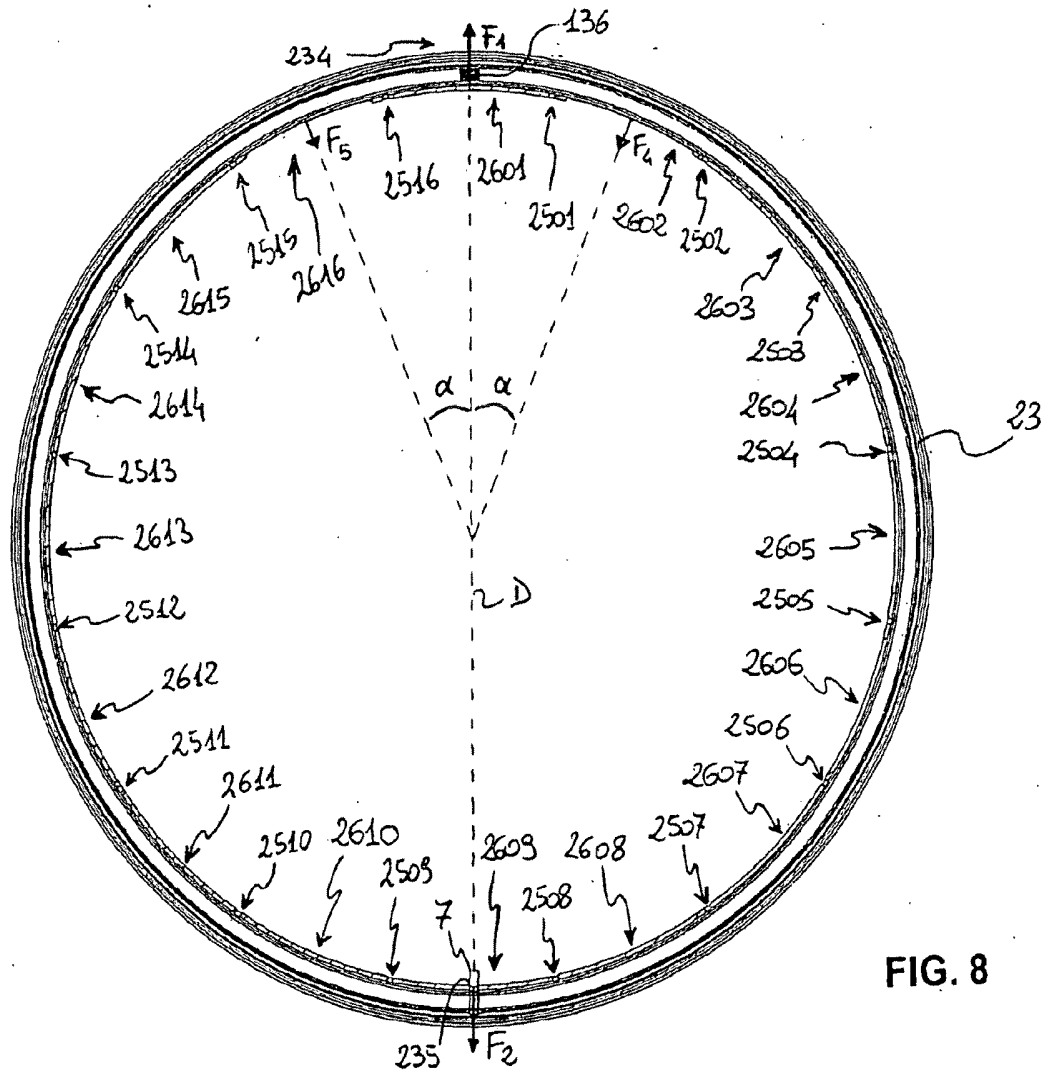


FIG. 8

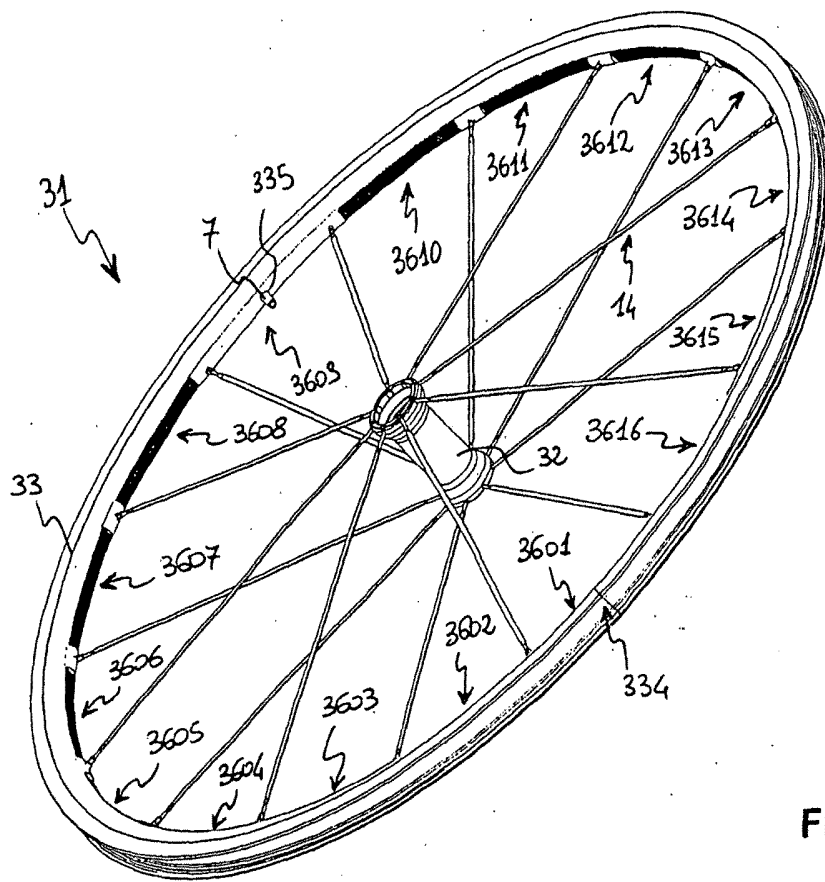
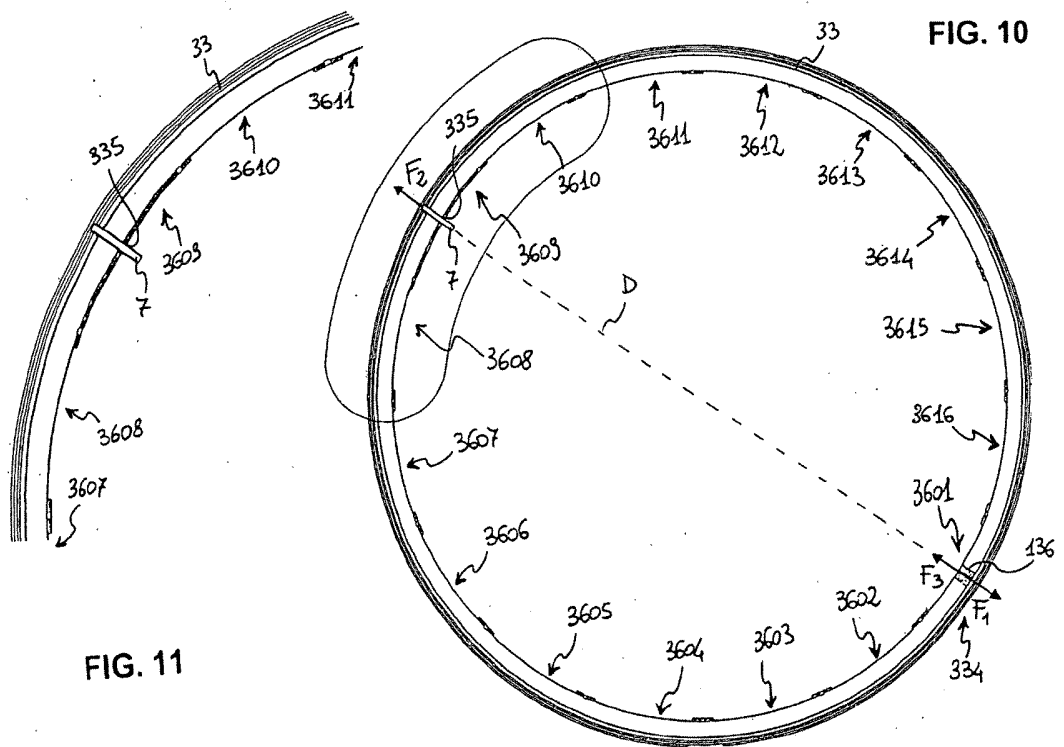


FIG. 9



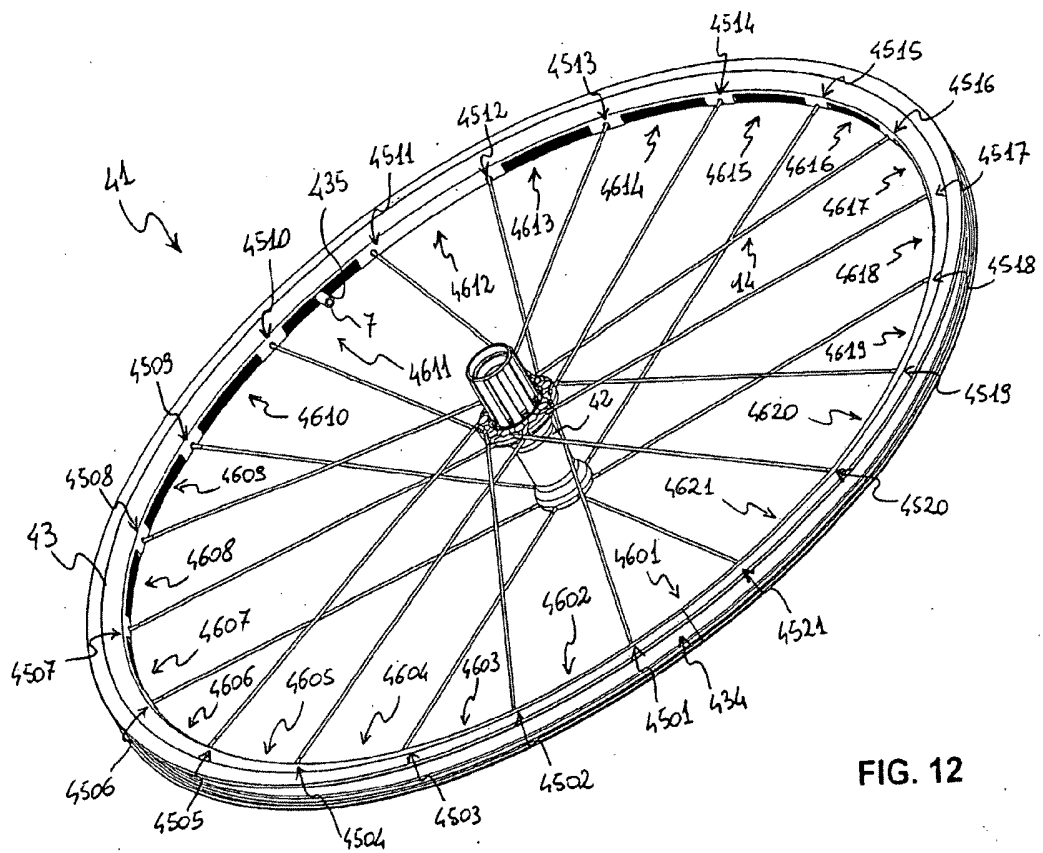


FIG. 12

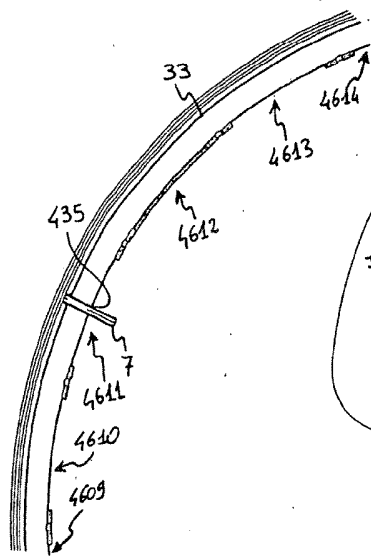


FIG. 14

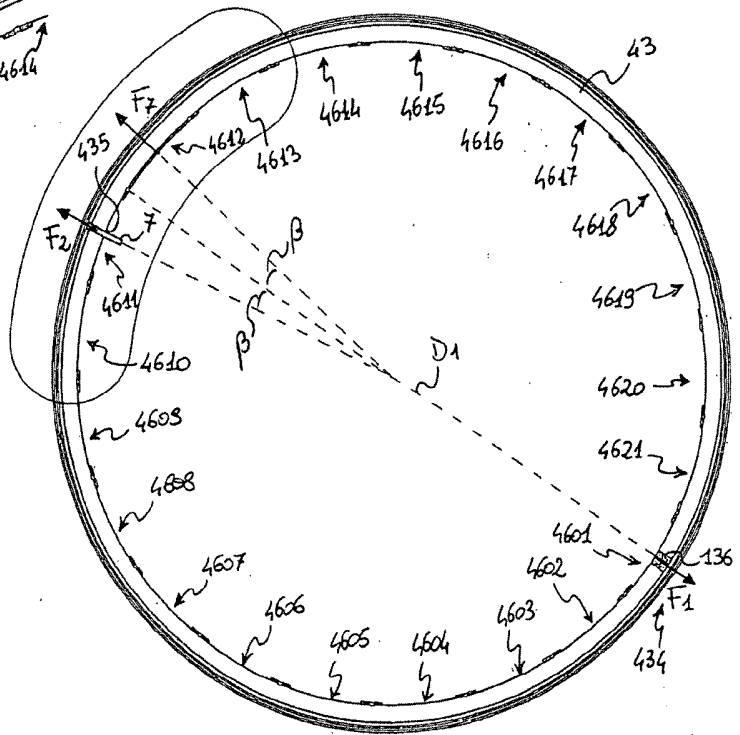


FIG. 13

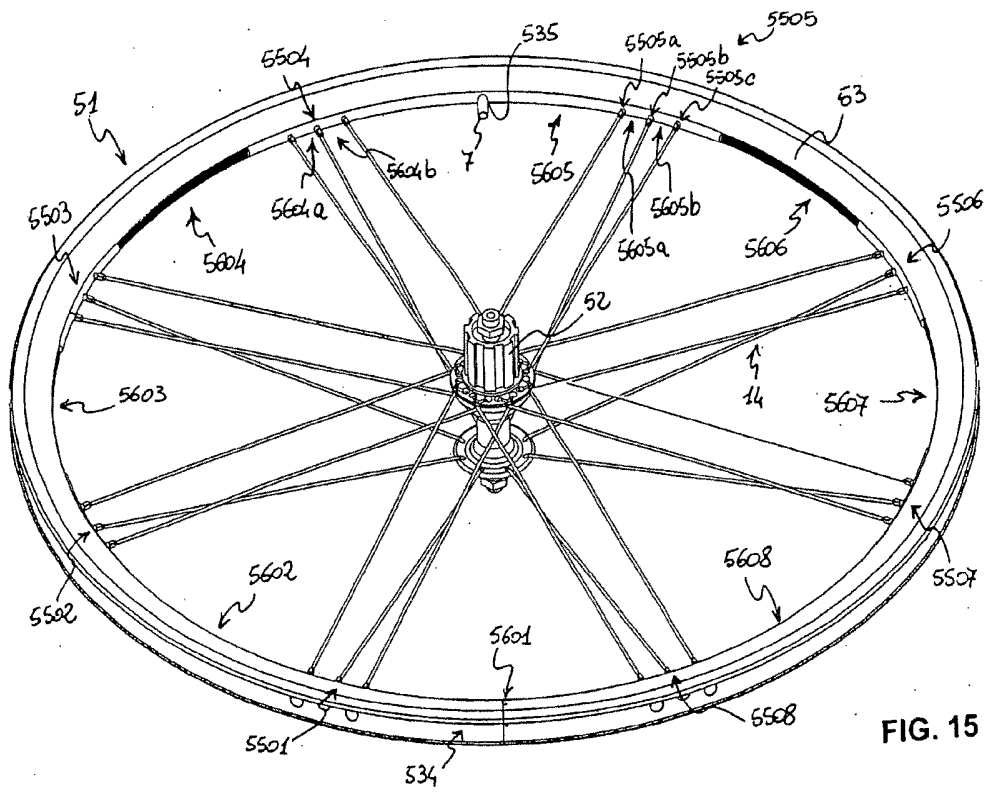


FIG. 15

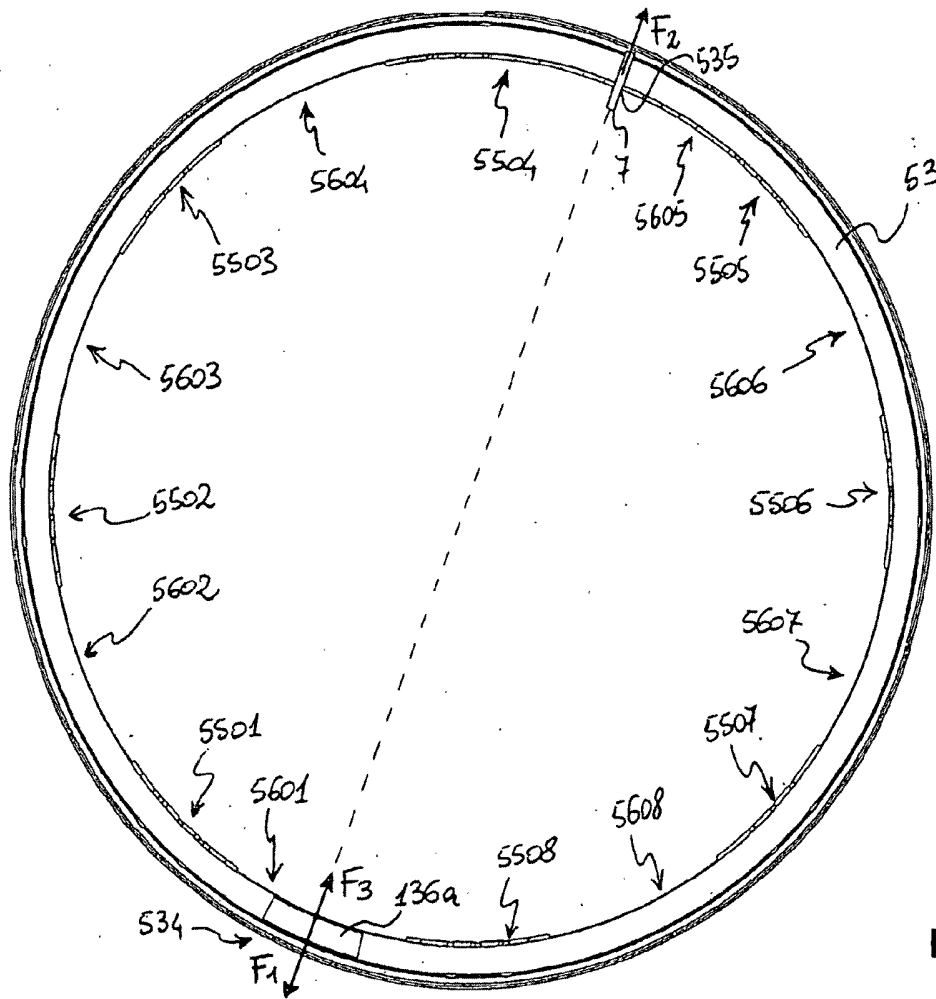
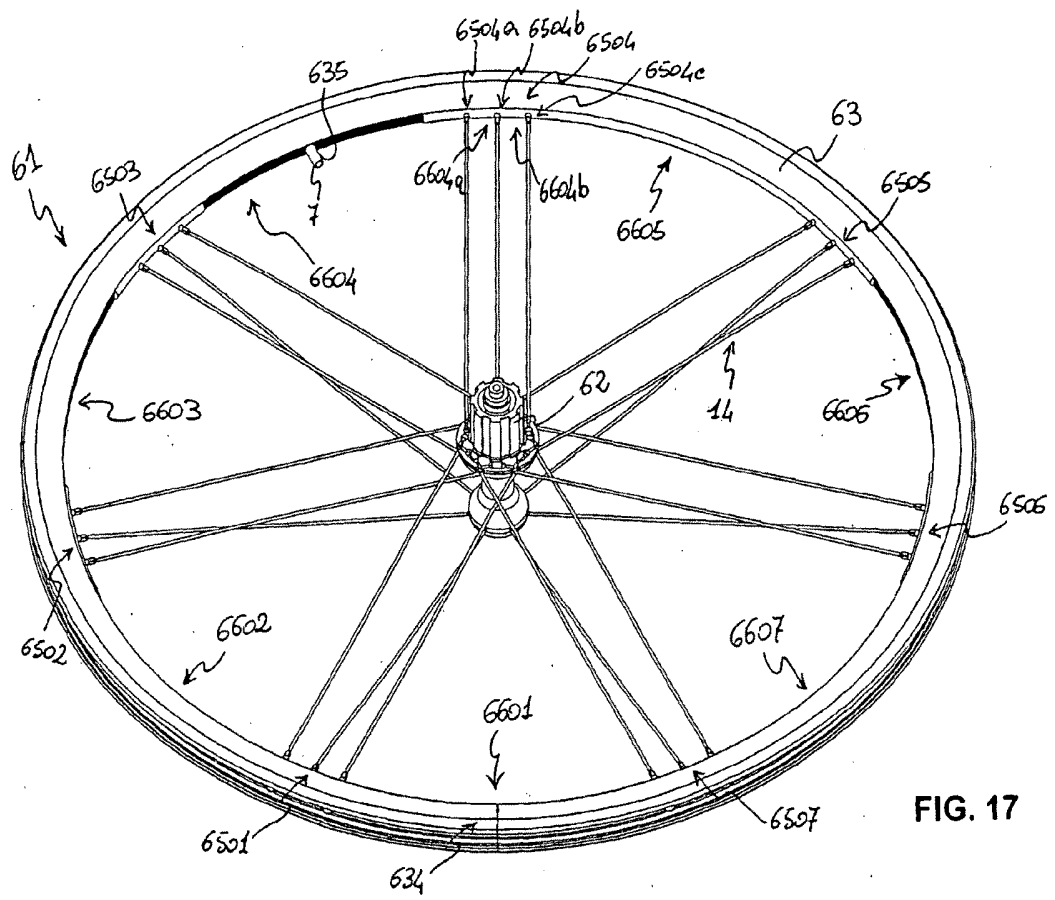


FIG. 16





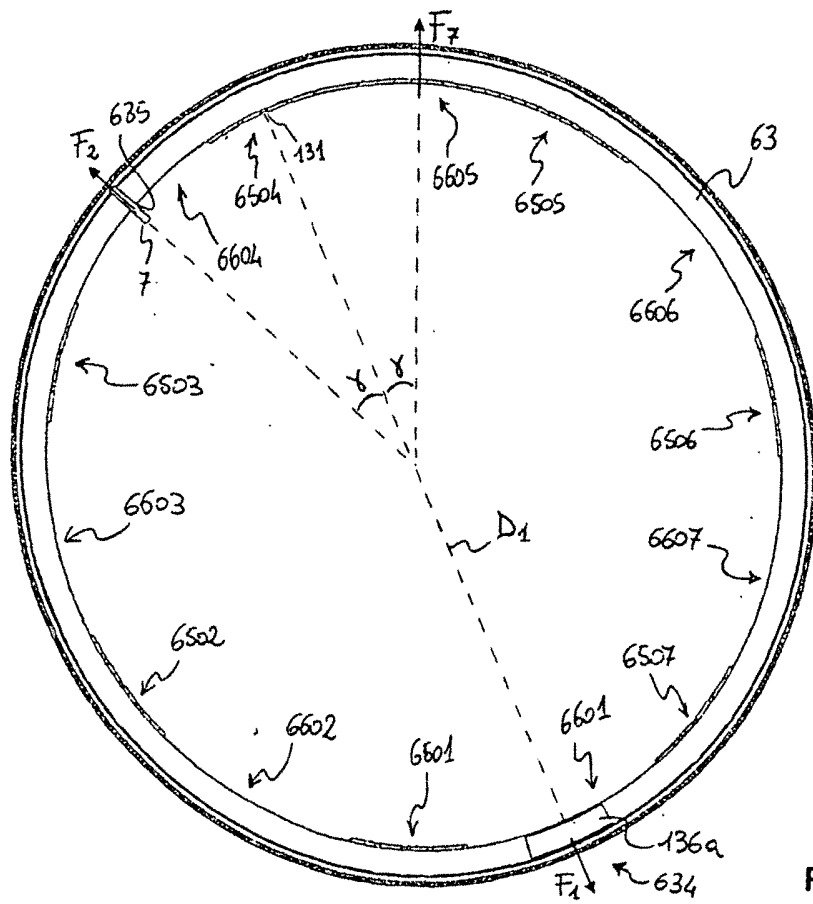
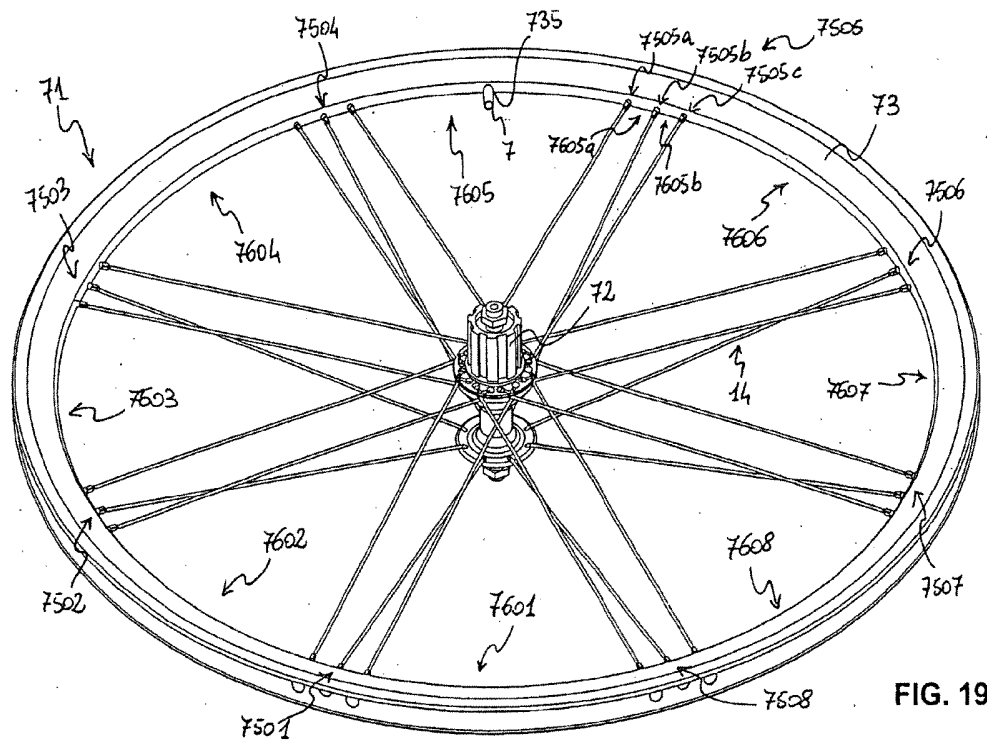


FIG. 18



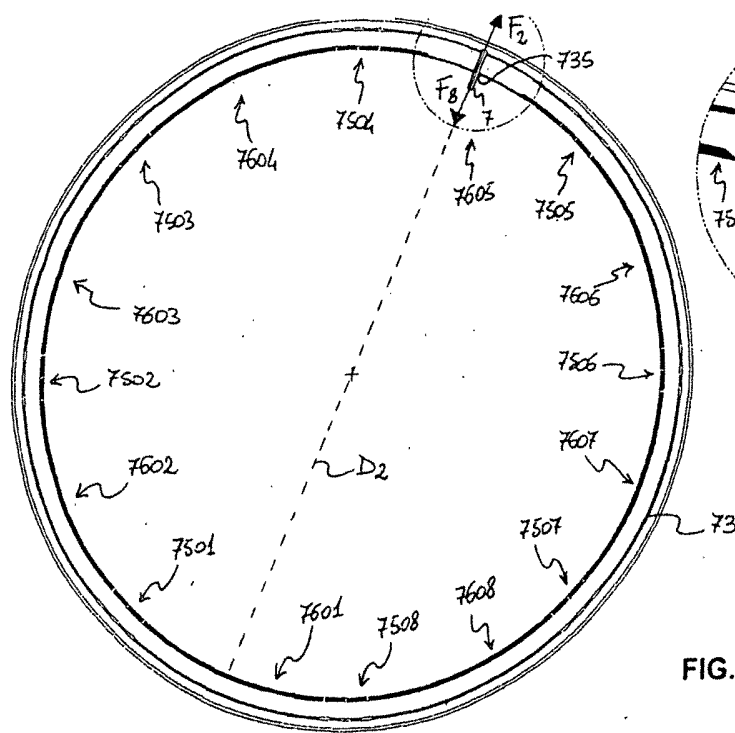


FIG. 20

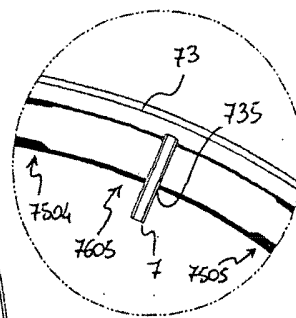
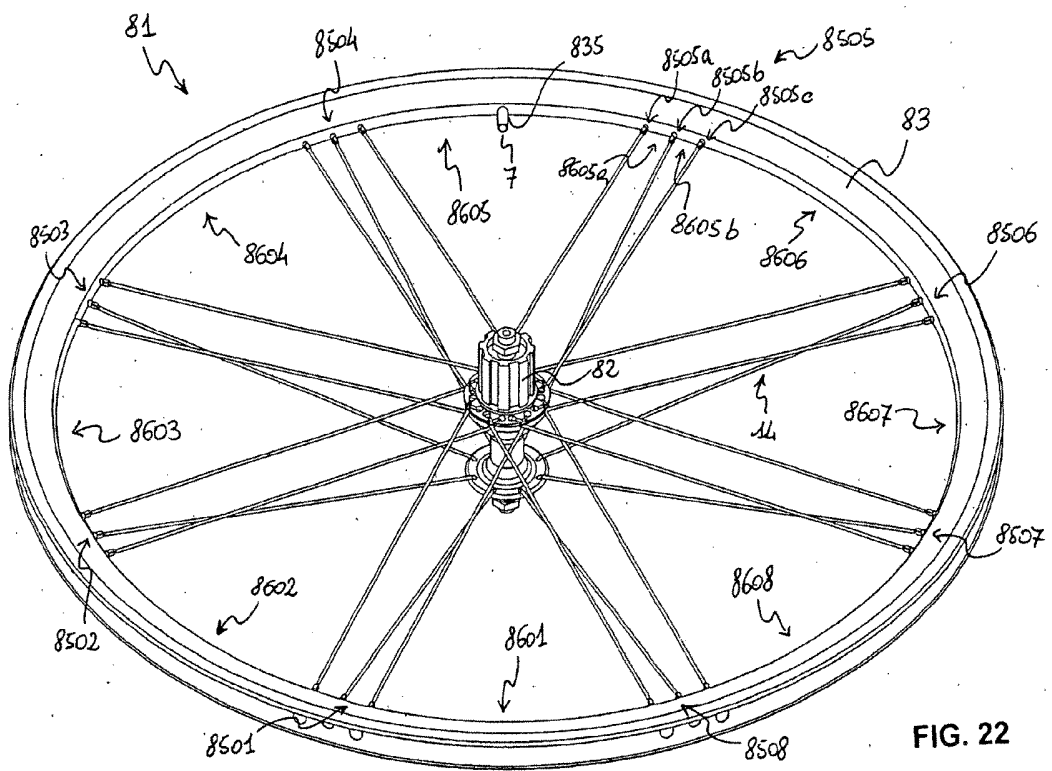


FIG. 21



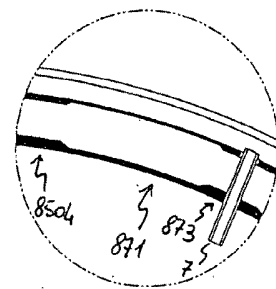
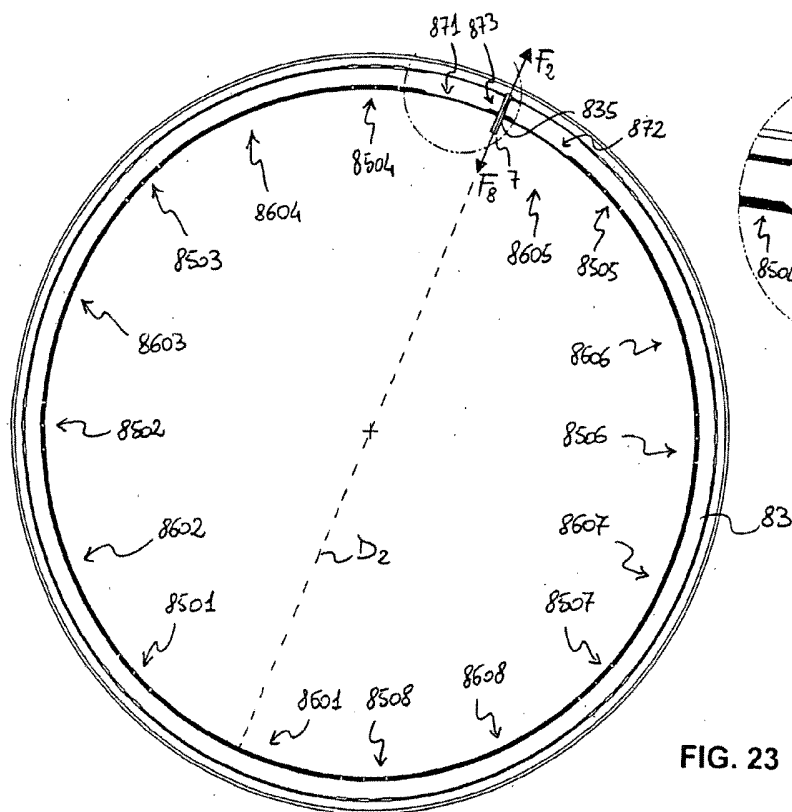


FIG. 24

FIG. 23