



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0313644-2 B1

(22) Data do Depósito: 14/07/2003

(45) Data de Concessão: 21/02/2017



(54) Título: SISTEMA DE DETECÇÃO DE INÍCIO DO DESLIZAMENTO E APLICAÇÃO DE FREIO ADAPTATIVO PARA FREAR UMA RODA DE UMA AERONAVE

(51) Int.Cl.: B60T 8/00; B60T 8/52

(30) Prioridade Unionista: 21/08/2002 US 10/225,092

(73) Titular(es): HYDRO-AIRE, INC.

(72) Inventor(es): BIJAN SALAMAT; ROBERT D. COOK

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA DE DETECÇÃO DE INÍCIO DO DESLIZAMENTO E APLICAÇÃO DE FREIO ADAPTATIVO PARA FREAR UMA RODA DE UMA AERONAVE"**.

Antecedentes da Invenção

Campo da Invenção

[001] Essa invenção refere-se de modo geral a sistemas de controle de desaceleração para veículos, e mais particularmente se refere a um sistema de detecção de início do deslizamento e aplicação de freio adaptativo para frenagem de uma ou mais rodas de uma aeronave durante a aterrissagem impedindo inícios de deslizamento severos, e dessa forma, permitindo uma aplicação rápida dos freios de forma controlada.

Descrição da Técnica Relacionada

[002] Os sistemas de frenagem automática e antideslizamento são comumente fornecidos em aeronaves comerciais e de turbina grande para auxiliar na desaceleração da aeronave durante a aterrissagem. Sistemas antideslizamento modernos tipicamente otimizam a eficiência da frenagem adaptando-se às condições das pistas e outros fatores que afetam a frenagem a fim de maximizar a desaceleração, correspondendo ao nível de pressão de freio selecionado pelo piloto. Nos sistemas antideslizamento convencionais, os freios são tipicamente aplicados de forma mecânica através de uma válvula de dosagem pelo piloto, e tão logo a pressão do freio da roda se aproxima do nível de deslizamento, tal como quando um início do deslizamento é detectado, um valor de pressão de freio é utilizado para inicializar o sistema de controle antideslizamento. No entanto, descobriu-se que o sucesso desse método pode ser afetado por tais fatores como o modo de operação da aeronave, o peso da aeronave, as interfaces entre o pneu e a pista e similares. Seria, pois, desejável se fornecer um sistema de

aplicação de freio adaptativo que possa ajustar a pressão de frenagem ou a aplicação de torque para responder a tais fatores.

[003] Adicionalmente, a rápida aplicação do pedal por um piloto de aeronave também pode freqüentemente criar inícios de deslizamento severos antes de a pressão de freio antideslizamento eficaz ou torque de freio ser determinado e o deslizamento ser eficazmente controlado pelos sistemas antideslizamento e de controle de frenagem convencionais. A eliminação ou a redução dos inícios de deslizamento resultaria em distâncias menores para que a aeronave pare, o que permitiria que a aeronave aterrissasse em pistas curtas, e poderia resultar em um desgaste reduzido do pneu. Seria, pois, desejável se fornecer um sistema de detecção de início do deslizamento para antecipar automaticamente as condições de início do deslizamento e ajuste para impedir os inícios de deslizamento severos, para permitir que o piloto pressione os pedais de freio a qualquer taxa, enquanto ainda fornece a rápida aplicação de freios de uma forma controlada. A presente invenção fornece um sistema de aplicação de freio adaptativo e detecção de início do deslizamento que corresponde a essas necessidades.

Sumário da Invenção

[004] De forma breve, e em termos gerais, a presente invenção fornece um sistema de aplicação de freio adaptativo e de detecção de início do deslizamento que permite uma rápida aplicação de freio, enquanto impede inícios de deslizamento severos, pela implementação de um sistema de antecipação de deslizamento que é inicializado tão logo a roda se aproxima de um nível de deslizamento para reduzir a pressão de aplicação de freio ou torque e para aplicar freios de uma forma controlada.

[005] A invenção, de acordo, fornece um sistema de aplicação de freio "inteligente" e de detecção de início do deslizamento para a fre-

nagem de uma roda de uma aeronave durante a aterrissagem. O sistema é aplicável a uma ou mais rodas possuindo um freio de roda para aplicação de torque de freio à roda. Um sensor de torque de freio gera sinais de torque de freio que são uma função do torque de frenagem aplicado ao freio de roda, e os sinais de torque de freio são comparados com um torque de freio limite predeterminado. Um transdutor de velocidade de roda produz sinais de velocidade de roda que são uma função da velocidade de rotação da roda, e um sinal de velocidade de roda é gerado com base nos sinais de velocidade da roda. A velocidade da roda é comparada com um sinal de velocidade de referência para a geração de sinais de erro de velocidade de roda que indica a diferença entre os sinais de velocidade da roda da aeronave e o sinal de velocidade de referência. Um integrador modulador de orientação de torque também é fornecido e responde pelos sinais de torque de freio para ajustar os sinais de erro de velocidade de roda para fornecer um sinal de controle antideslizamento, e em uma modalidade atualmente preferida o integrador modulador de orientação de torque é inicializado com o torque de freio limite predeterminado mais um valor de torque constante predeterminado. Um processador de comando gera um sinal de torque de freio de comando gerado em resposta a um comando de desaceleração, e um meio de comparação de torque de freio é fornecido para comparar os sinais de torque de freio com o sinal de torque de freio de comando para gerar os sinais de diferença de torque de freio que indicam a diferença entre os sinais de torque de freio e o sinal de torque de freio de comando. Os meios de controle fornecem um sinal de torque de freio ajustado para o freio da roda para controlar o freio da roda de forma independente da aplicação de freio por parte do operador, em resposta aos sinais de diferença do torque de freio. Em outra modalidade atualmente preferida, o integrador modulador de orientação de torque é inicializado para o valor de um torque de freio

medido quando o sinal de erro de velocidade de roda indica o começo de um deslizamento.

[006] Em uma modalidade atualmente preferida, meios também são fornecidos para se ajustar os sinais de erro de torque de freio por um ganho de torque proporcional, um ganho de torque integral, e um ganho de torque diferencial. Em outra modalidade atualmente preferida, os meios de controle transiente para fornecer um sinal de controle proporcional e meios de rede de compensação, ambos respondendo ao sinal de erro de velocidade, também são fornecidos, e os resultados dos meios de controle transiente e meios de rede de compensação são somados com a saída do integrador modulador de orientação de torque.

[007] A partir do acima exposto, pode-se observar que a presente invenção fornece um sistema e método para inicializar o controle de freio após a aplicação rápida do pedal de freio, mas antes da ocorrência do deslizamento. Esses e outros aspectos e vantagens da invenção se tornarão aparentes a partir da descrição detalhada a seguir e dos desenhos em anexo, que ilustram, por meio de exemplo, as características da invenção.

Breve Descrição dos Desenhos

[008] A figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de detecção de início do deslizamento e aplicação de freio "inteligente" para uma aeronave, de acordo com os princípios da invenção;

A figura 2 ilustra dois gráficos referentes à pressão de freio, velocidade de roda e torque de freio sobre tempo para o sistema de detecção de início do deslizamento e aplicação "inteligente" de freio da invenção; e

A figura 3 é um gráfico ilustrando a curva de força de frenagem para deslizamento de freio para o sistema de detecção de início do deslizamento e aplicação "inteligente" de freio da invenção.

Descrição Detalhada das Modalidades Preferidas

[009] A eficácia dos sistemas antideslizamento convencionais pode ser afetada pelo modo de operação da aeronave, pelo peso da aeronave, pelas interfaces entre o pneu e a pista, e fatores similares. A aplicação rápida do pedal de freio da aeronave, especialmente a aplicação em pânico, também pode criar inícios de deslizamento severos antes do controle antideslizamento ser iniciado, resultando no alongamento das distâncias que a aeronave percorre para parar e no desgaste aumentado do pneu.

[0010] A presente invenção fornece um sistema e método para o direcionamento das condições para a ocorrência do deslizamento, e a iniciação do controle de freio para impedir deslizamentos severos antes da desaceleração controlada. Com referência à figura 1, a invenção é consubstanciada em um sistema de detecção de deslocamento inicial e aplicação "Inteligente" de freio 10 que pode ser utilizado nos sistemas de frenagem de aeronaves, e como instalado para uma aeronave inclui preferivelmente um transdutor de velocidade de roda 12 para cada freio de roda 14 de uma roda 15 da aeronave, para medir a velocidade da roda e gerar sinais de velocidade de roda que são uma função da velocidade de rotação da roda de freio. O sinal de velocidade da roda é tipicamente convertido em um sinal que representa a velocidade da aeronave por um conversor de velocidade 16 e comparado com uma velocidade de referência desejada no comparador de velocidade 18, para gerar sinais de erro de velocidade de roda que indicam a diferença entre os sinais de velocidade de roda de cada roda freada e o sinal de velocidade de referência. O resultado do comparador de velocidade é referido como uma velocidade de deslizamento (V_s) ou erro de velocidade. Os sinais de erro de velocidade são ajustados por um integrador de meio de controle de modulador orientado por torque (TBM) 20, o meio de controle transiente 22, e a rede de compensação

24, os resultados dos quais são somados na junção de soma 26 para fornecer um sinal de controle antideslizamento 28 recebido pelo processador de comando 30, tipicamente um microprocessador. O integrador TBM no circuito antideslizamento dita o nível máximo permitido de torque de controle durante a frenagem. O integrador TBM é tipicamente mais lento em termos de resposta do que outros parâmetros de controle necessários para se detectar e controlar o início do deslizamento. Quando nenhum deslizamento é detectado, esse integrador permite um torque total de sistema aos freios.

[0011] A posição do pedal de freio da aeronave 32 operado pelo piloto é tipicamente lida por um microcontrolador que gera um sinal de comando de pedal de freio 34, do qual um perfil de aplicação de torque é determinado. O processador de comando 30 recebe o sinal de comando de pedal de freio, o sinal de controle antideslizamento 28 através da linha de retorno 36, e preferivelmente também recebe um sinal de proteção de roda travada 38 indicando se uma roda está travada, e um sinal de proteção contra toque/aquaplanagem 40, para proteger contra aquaplanagem uma roda durante o pouso a altas velocidades. Em uma modalidade atualmente preferida, o processador de comando opera no registro mais baixo do sinal de proteção de roda travada, sinal de proteção de toque, sinal de pedal e sinal antideslizamento. A saída do sinal de torque de freio comandada 42 do processador de comando é comparada com o sinal de retorno de torque de freio 44 do sensor de torque de freio 46 pelo comparador 48, que gera um sinal de erro de torque de saída 50.

[0012] Em uma modalidade atualmente preferida, os sinais de erro de torque de freio também são ajustados por um ganho proporcional pelo conjunto de circuitos de ganho proporcional 52, um ganho integral pelo conjunto de circuitos de ganho integral 54, e um ganho diferencial pelo conjunto de circuitos de ganho diferencial 55 que juntos formam

um circuito de controle PID, e os resultados dos quais são somados na junção de soma 56 para fornecer um sinal de torque de freio ajustado 57. O sinal de torque de freio ajustado também é tipicamente amplificado pelo amplificador de válvula 58 para fornecer um sinal de controle de freio amplificado aplicado à válvula de controle de freio 60 que controla a aplicação do fluido de freio pressurizado 62 do sistema para o freio da roda 14.

[0013] Em uma modalidade atualmente preferida, as funções dos elementos no bloco 63 são realizadas por um ou mais microprocessadores sob o controle adequado de software, apesar de alternativamente essas ou funções análogas poderem ser realizadas pelos componentes de hardware adequados. Será apreciado pelos versados na técnica que os parâmetros de componente e configurações variarão de aeronave para aeronave e que existe, pois, uma ampla capacidade de variação em como o sistema pode ser utilizado.

Aplicação "Inteligente" de Freio

[0014] Com referência à figura 2, a aplicação de freio é permitida sem qualquer limitação de taxa até que o torque de freio seja detectado em um valor predeterminado 64, tipicamente perto do torque de contato do freio 66, ponto no qual o torque de freio começa a subir. Então o integrador TBM é inicializado para o valor predeterminado do torque de freio mais um incremento constante predeterminado de torque, em 68, que corresponde ao pico da curva de torque de freio-deslizamento 70 ilustrada nas figuras 2 e 3. O resultado do integrador TBM é ilustrado como uma linha pontilhada 72, e a saída do torque de freio comandado é ilustrada como a linha 74. A velocidade da roda é ilustrada como a linha 76, e o torque de freio é ilustrado como a linha 78. Com é mostrado na figura 2, a inicialização do integrador TBM força o integrador TBM a rastrear o perfil de aplicação de freio começando por 69, impedindo, assim, qualquer overshoot (ultrapassagem do

limite) substancial.

Detecção "Inteligente" de Deslizamento

[0015] Quando uma roda se aproxima do nível de deslizamento, tal como quando V_s é detectado como sendo superior ao limite predeterminado da velocidade da roda, então o integrador TBM é inicializado com o valor de retorno de torque de freio no momento que V_s é superior ao limite predeterminado. Esse método garante a inicialização correta do integrador TBM. O torque de freio no momento de um início do deslizamento é o que o integrador TBM precisa ser para o controle imediato sem múltiplos inícios de deslizamento. Portanto, uma resposta rápida do integrador TBM é garantida para uma função de controle usualmente lenta.

[0016] Deve ser aparente que essa invenção não está limitada aos sistemas de tipo de erro de velocidade e que a invenção é aplicável também a outros conceitos de detecção de deslizamento de controle de freio, tal como a taxa de controle/detecção, além de qualquer sistema que monitore a aplicação de freio e pressão ou torque.

[0017] A partir do acima exposto, será reconhecido pelos versados na técnica que a presente invenção fornece um método e aparelho novos para indicar o controle de freio antes da inicialização dos deslizamentos e para impedir overshoot (ultrapassagem do limite) e instabilidade após o controle de freio ter começado.

[0018] Será aparente também a partir do acima exposto que enquanto formas particulares da invenção foram ilustradas e descritas, várias modificações podem ser realizadas sem se distanciar do espírito e escopo da invenção. De acordo, não se pretende que a invenção seja limitada, exceto pelas reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de detecção de início do deslizamento e aplicação de freio adaptativo para frear uma roda (15) de uma aeronave, compreendendo:

um freio de roda (14) para frear a roda (15);

um sensor de torque de freio (46) para gerar sinais de torque de freio (44) que são uma função do torque de freio aplicado à roda (15);

meios de comparação (48) dos ditos sinais de torque de freio (44) com um torque de freio limítrofe predeterminado;

meio de geração (12) de sinal de velocidade de roda para produzir sinais de velocidade de roda que são uma função da velocidade de rotação da roda (15);

um conversor de velocidade de roda (16) para gerar um sinal de velocidade de roda (V_{WHL}) com base nos ditos sinais de velocidade de roda;

meios de geração de referência de velocidade para gerar um sinal de velocidade de referência (V_{REF});

meios de comparação de velocidade de roda (18) para comparar o dito sinal de velocidade de roda (V_{WHL}) com o dito sinal de velocidade de referência (V_{REF}) para gerar os sinais de erro de velocidade de roda (V_S) que indicam a diferença entre os ditos sinais de velocidade da roda (V_{WHL}) da aeronave e o dito sinal de velocidade de referência (V_{REF});

meios de comparação (48) de torque de freio para comparar os ditos sinais de torque de freio (44) com o dito sinal de torque de freio de comando (42) para gerar sinais de diferença de torque de freio (50) que indicam a diferença existente entre os ditos sinais de torque de freio (44) e o dito sinal de torque de freio de comando (42);

caracterizado por compreender,

um integrador modulador de orientação de torque (20) que responde aos ditos sinais de torque de freio (44) para ajustar os ditos sinais de erro de velocidade de roda (V_s) para fornecer um sinal de controle antideslizamento (28);

meios de geração de sinal de torque de freio de comando (30) para gerar um sinal de torque de freio de comando (42) em resposta a um comando de desaceleração; e

meio de controle (56) para fornecer um sinal de torque de freio ajustado (57) para o dito freio de roda (14) para controlar o dito freio de roda (14) independentemente da aplicação de freio por parte do operador, em resposta aos ditos sinais de diferença de torque de freio (50).

2. Sistema de detecção de início do deslizamento e aplicação de freio adaptativo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

meios para inicializar o integrador modulador de orientação de torque (20) com um torque de freio limítrofe predeterminado mais um valor de torque constante predeterminado, para dessa forma minimizar o retardo do dito integrador modulador de orientação de torque (20) no controle do torque máximo permitido de freio.

3. Sistema de detecção de início do deslizamento e aplicação de freio adaptativo, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente meios para inicialização do integrador modulador de orientação de torque (20) para o valor de um torque de freio medido quando o sinal de erro de velocidade de roda (V_s) se torna maior do que um limite de erro de velocidade.

4. Sistema de detecção de início do deslizamento e aplicação de freio adaptativo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito integrador modulador de orientação de torque (20) responde aos sinais de torque de freio (44), e compreenden-

do adicionalmente:

meios para inicializar o integrador modulador de orientação de torque (20) com um torque de freio limite predeterminado mais um valor de torque constante predeterminado, para dessa forma minimizar o retardo do dito integrador modulador de orientação de torque (20) no controle do torque de freio máximo permitido.

5. Sistema de detecção de início do deslizamento e aplicação de freio adaptativo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente meios para inicializar o integrador modulador de orientação de torque (20) para o valor do torque de freio medido quando o sinal de erro de velocidade de roda (V_s) se torna superior a um limite de erro de velocidade.

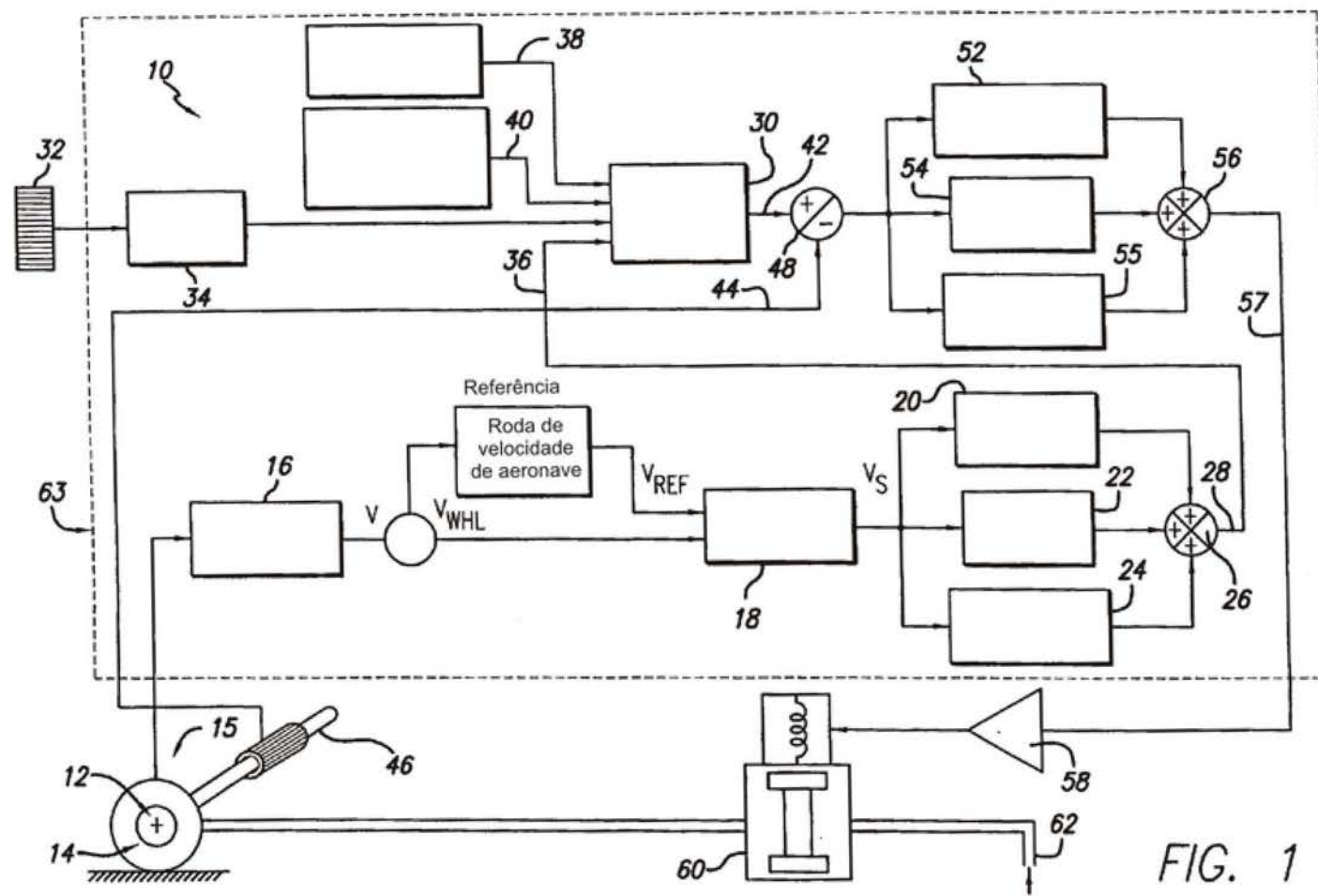


FIG. 1

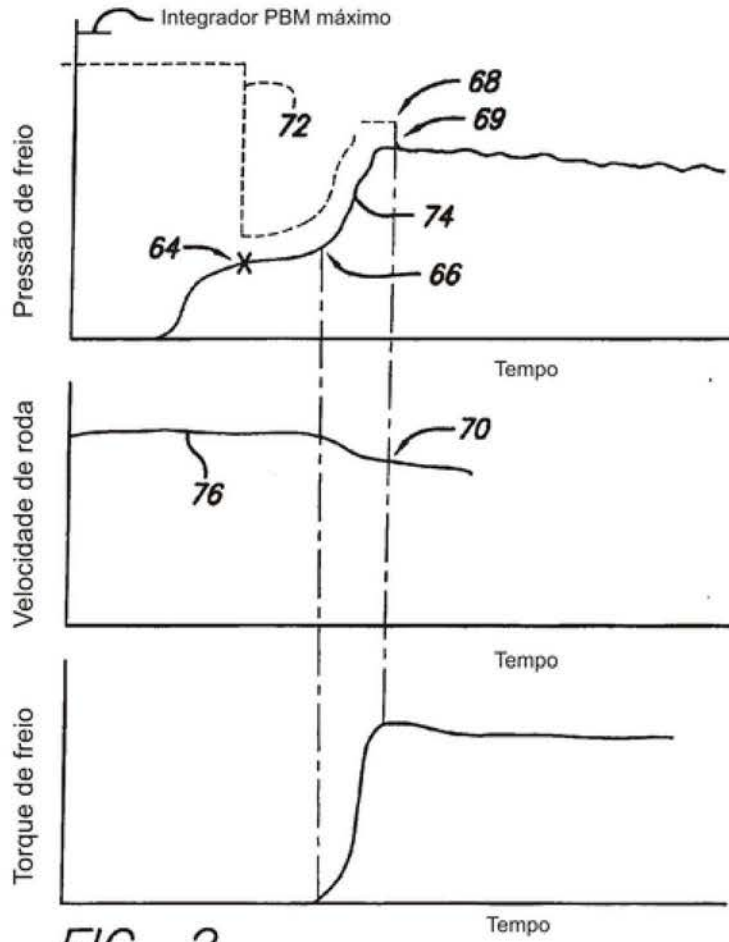


FIG. 2

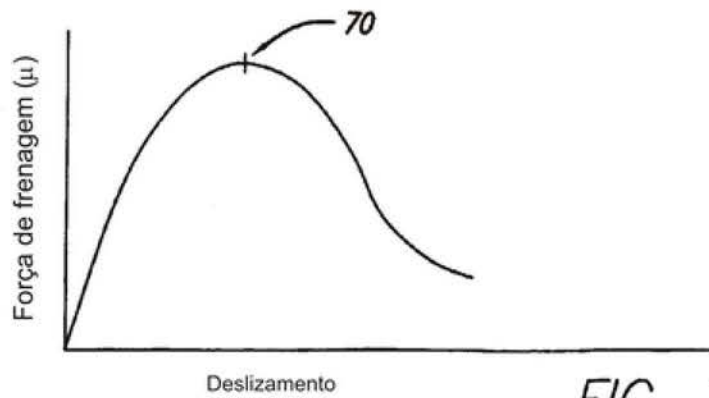


FIG. 3