



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

(11) (21) **PI 0500200-1 A**

(22) Data de Depósito: 17/01/2005
(43) Data de Publicação: **05/09/2006**
(RPI 1861)

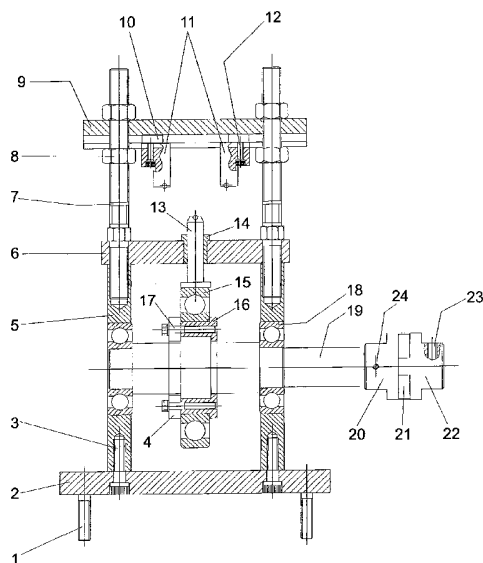


(51) Int. Cl.⁷:
G01N 17/00

(54) Título: MÁQUINA PARA A NUCLEAÇÃO DE PRÉ-TRINCAS DE FADIGA EM CORPOS DE PROVA

(71) Depositante(s): Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (BR/SP)

(72) Inventor(es): Valdir Alves Guimarães



(57) Resumo: "MÁQUINA PARA A NUCLEAÇÃO DE PRÉ-TRINCAS DE FADIGA EM CORPOS DE PROVA". Compreendida basicamente pela placa suporte retangular (2) sustentada pelos parafusos (1), sobre a qual são apoiadas as paredes de sustentação (5) fixadas à placa (2) pelos parafusos (3), sendo que ditas paredes (5) possuem um furo para passagem do eixo (19), ancorado pelos rolamentos (18), cuja extremidade é provida do flange (20) fixado pelo parafuso (24), o acoplamento (21) e o flange (22) do motor, fixado pelo parafuso (23); dito eixo (19) é provido na sua porção mediana entre as paredes (5), dos anéis (4) e (16) fixados pelos parafusos (17), sendo que sobre dito anel (17) é provido o rolamento (15) que, dita máquina quando montada para a nucleação de corpos de prova do tipo SE (B), serve de apoio do pino (13), que desliza pela bucha (14), fixada à placa superior (6), a qual é fixada às paredes (5) pelos parafusos suporte (7), que ancoram o cabeçote superior (9), presos pelas porcas (8), sendo que em dito cabeçote superior (9) são presas, por meio dos parafusos (12), as fixações (10) do 'T' (11) que por sua vez, fixam o corpo de prova tipo SE (B). Para corpos de prova do tipo C(T), dita máquina é constituída placa suporte retangular (2) sustentada pelos parafusos (1), sobre a qual são apoiadas as paredes de sustentação (5) fixadas à placa (2) pelos parafusos (3), sendo que ditas paredes (5) possuem um furo para passagem do eixo (19), ancorado pelos rolamentos (18), cuja extremidade é provida do flange (20) fixado pelo parafuso (24), o acoplamento (21) e o flange (22) do motor, fixado pelo parafuso (23); dito eixo (19) é provido na sua porção mediana entre as paredes (5), dos anéis (4) e (16) fixados pelos parafusos (17), sendo que sobre dito anel (17) é provido o rolamento (15) que, de maneira que dita máquina quando montada para a nucleação de corpos de prova do tipo C(T), serve de apoio do anel superior (30) que possui um furo roscado para fixação do parafuso (29) de fixação da garra (26) que prende uma das extremidades do corpo de prova; sobre as paredes de sustentação (5) são rosqueados os parafusos (25) de sustentação da placa superior (27), que serve de suporte do parafuso superior (28), que por sua vez sustenta a garra superior (26) que prende a outra extremidade do corpo de prova do tipo C(T).

**“MÁQUINA PARA A NUCLEAÇÃO DE PRÉ-TRINCAS DE FADIGA
EM CORPOS DE PROVA”**

Trata a presente patente de invenção de uma máquina para a nucleação de pré-trincas de fadiga em corpos de prova, de concepção inovadora e dotado de importantes melhoramentos tecnológicos e funcionais, segundo os mais modernos conceitos de engenharia e de acordo com as normas e especificações exigidas, revestindo-se de características próprias e requisitos fundamentais de novidade e atividade inventiva, fazendo resultar uma série de reais e extraordinárias vantagens técnicas, práticas e econômicas.

ESTADO DA TÉCNICA

Atualmente, o maior problema no acompanhamento da integridade de componentes mecânicos é a possibilidade de ocorrer uma fratura frágil e inesperada mesmo quando o componente esteja submetido a condições normais de operação. A ocorrência dessas falhas é geralmente causada pela presença de concentradores de tensão, por variações de temperatura ou pelo aumento da taxa de deformação do material. Esses fatores tendem a aumentar a resistência ao escoamento, reduzindo a tenacidade à fratura.

Um material é tenaz se ele absorve apreciável quantidade de energia durante a fratura. Em um ensaio de mecânica da fratura, a tenacidade corresponde à dissipação de uma quantidade significativa de energia no processo de fluxo plástico que ocorre na ponta de uma trinca durante a sua propagação, o que determina a resistência do material à fratura.

Onde a existência de trincas é difícil de ser evitada, a mecânica da fratura pode ser utilizada para auxiliar na

seleção dos materiais e no projeto de componentes, de modo a minimizar a possibilidade de falha. A habilidade para quantificar a resistência do material ao crescimento de trincas e fratura é uma parte vital da tecnologia da mecânica da fratura. Conseqüentemente, um esforço considerável tem sido devotado no decorrer dos anos para identificar os parâmetros de interesse do material e desenvolver métodos padronizados de medida desses parâmetros com corpos de prova e procedimentos de ensaio relativamente simples. Os métodos de ensaios padronizados são essenciais em virtude da aplicação ampla dos parâmetros resultantes, principalmente para análise de confiabilidade de componentes pela mecânica da fratura.

Parâmetros específicos do material são requeridos para caracterizar tanto o crescimento da trinca quanto o comportamento de fratura dos materiais. Os parâmetros mais comuns para a determinação da tenacidade são a medida da energia absorvida em um ensaio de impacto e a temperatura de transição. Porém, recentemente vêm sendo desenvolvidos os parâmetros ligados à mecânica da fratura, que são realizados em corpos de prova com uma trinca aguda na raiz de um entalhe.

PARÂMETRO K - MECÂNICA DA FRATURA LINEAR ELÁSTICA

O regime de deformação definido pela *MFLE* (*Mecânica da Fratura Linear Elástica*) é caracterizado pela presença de quantidade desprezível de plastificação na região da ponta da trinca. Nesta situação, a força motriz de crescimento da trinca é normalmente medido pelo fator de intensidade de tensões, K . Este parâmetro de fratura é baseado no campo de tensões da região da ponta da trinca e foi definido por IRWIN em 1957 [1]. Este parâmetro caracteriza a magnitude de um campo de tensões singular na região da ponta da trinca sob condições de carregamento linear-elástico. K

perde a capacidade de caracterizar o campo de tensões nesta região após a ocorrência de uma certa quantidade de deformação plástica. Para a verificação da integridade de um componente estrutural, deve-se comparar o valor calculado K com o valor da resistência do material à fratura, denominada de tenacidade à fratura, K_{IC} . K_{IC} é uma propriedade do material, constante para uma dada condição de carregamento e intervalo de temperatura. Sempre que $K < K_{IC}$, não há ocorrência de crescimento instável de trinca, e o componente tem garantida sua integridade. Já se $K > K_{IC}$, a trinca cresce de maneira instável, e o material falha por fratura frágil.

A norma ASTM E 399 [2] prevê para a obtenção do K_{IC} diversos tipos de corpos de prova. Os mais utilizados são os do tipo SE (B) e o C (T). Eles se diferenciam basicamente pelo tipo de solicitação que são submetidos. O corpo de prova do tipo SE (B) é solicitado por flexão em 3 pontos, enquanto o corpo de prova do tipo C (T) é solicitado por tração.

A preparação dos corpos de prova para a realização do ensaio K_{IC} se inicia com a obtenção da pré-trinca de fadiga. A pré-trinca deve ser realizada controlando-se K , para que não haja a formação de uma zona plástica na ponta da trinca.

Alguns parâmetros do material e métodos de ensaio para determinar a resistência do material ao crescimento de uma trinca e fratura estão resumidos na tabela 1 [3].

TABELA 1. PRINCIPAIS PARÂMETROS E DEFINIÇÕES DE MÉTODOS DE ENSAIOS BASEADOS NA MECÂNICA DA FRATURA LINEAR ELÁSTICA [3]

<i>Parâmetro</i>	<i>Caracterização</i>	<i>Definição</i>	<i>Método de Ensaio (ASTM)</i>
K_{IC}	Tenacidade à fratura em Deformação Plana	Valor crítico de K_I a partir do qual ocorre propagação instável da trinca em condições de deformação plana, uma propriedade do material	E399-88 E1820-96
K_{IA}	Tenacidade de parada da trinca, em deformação plana	Valor crítico de K_I no qual uma trinca se propagando rapidamente, possa ser imobilizada. Propriedade do material	E1221-88
K_{ISCC}	Limiar para propagação de trincas por corrosão sob tensão	Nível limiar de K acima do qual ocorrerá a propagação de trincas por corrosão sob tensão sob condições de carregamento sustentado, uma propriedade do material para um dado material e ambiente	E1681-95
Da/dt versus K	Taxa de crescimento de trinca por corrosão sob tensão	Taxa de crescimento por tempo unitário em função do K aplicado sob carregamento sustentado para um dado material e meio ambiente	Em desenvolvimento
ΔK_{th}	Limiar de crescimento de trincas de fadiga	Nível limiar de ΔK acima do qual trincas se propagarão sob carregamento de fadiga, uma propriedade do material	Em desenvolvimento
Da/dN versus ΔK	Taxa de crescimento de trinca por fadiga	Taxa de crescimento de trinca como função de ΔK sob carregamento de fadiga (extensão da trinca por ciclo de carregamento de fadiga como função do ΔK aplicado), uma propriedade do material	E647-88a

MECÂNICA DA FRATURA ELASTO-PLÁSTICA

Uma grande parte dos materiais que atualmente são utilizados em aplicações estruturais, normalmente são utilizados em espessuras que não são suficientes para manter as condições de deformação plana nas temperaturas usuais de trabalho. Desse modo, em um grande número de aplicações, os conceitos da mecânica de fratura linear elástica, não podem ser aplicados, devido

ao comportamento elasto-plástico desses materiais. A MFEP (Mecânica da Fratura Elasto-Plástica) é aplicável para a análise de uma situação na qual a região plastificada, existente na ponta da trinca, já tem um tamanho considerável quando comparada com o ligamento remanescente. A tabela 2 mostra os principais parâmetros de ensaio associados a Mecânica da Fratura Elasto-Plástica [3].

TABELA 2: PRINCIPAIS PARÂMETROS E DEFINIÇÕES DE MÉTODOS DE ENSAIOS BASEADOS NA MECÂNICA DA FRATURA ELASTO-PLÁSTICA [3]

Parâmetro	Caracterização	Definição	Método de Ensaio (ASTM)
J_{IC}	Início da extensão dúctil da trinca	Valor crítico de J para o início da extensão dúctil da trinca, uma propriedade do material	E813-88 E1820 - 96
Curva J-R	Resistência ao crescimento dúctil, estável, de trinca	Resistência de um dado material à extensão contínua dúctil e estável da trinca durante carregamento monotônico (expresso em termos de J versus Δa), uma propriedade do material	E1152-87
T	Módulo de Rasgamento	Módulo de rasgamento de um material $(dJ/da)E/\tau_{02}$. Caracteriza a resistência de um material ao crescimento de trinca estável, uma propriedade do material	Nenhum padrão; T é obtido dos resultados de E1152-87
Da/dN versus ΔJ	Taxa de crescimento de trinca por fadiga	Taxa de crescimento de trinca por fadiga sob condições de carregamento elasto-plástico (extensão da trinca por ciclo como função do ΔJ aplicado), uma propriedade do material	Em desenvolvimento
Da/dt versus C^* ou C_t	Taxa de crescimento de trinca por fluência	Taxa de crescimento por tempo unitário como função do C^* aplicado sob condições de carregamento de fluência, uma propriedade do material.	Em desenvolvimento
CTOD	Tenacidade à fratura, no campo elasto-plástico	Baseia-se na medida da abertura da ponta da trinca.	E 1290-95 E1820 - 96

A INTEGRAL J

A integral J - mais utilizada para caracterização à fratura no regime elasto-plástico de deformação quando o material apresenta grande ductilidade. Semelhante ao K_{IC} , o ensaio J_{IC} caracteriza a resistência à fratura, porém, é utilizado em condições elasto-plásticas onde ocorre a propagação estável da trinca antes da fratura final. O processo de fratura em materiais dúcteis é precedido de um crescimento lento e estável da trinca. Durante o ensaio J_{IC} , a fratura se inicia a partir de uma trinca aguda obtida por fadiga, que quando solicitada sofrerá, inicialmente, um processo de arredondamento e em seguida, um crescimento estável da trinca. O valor de J que corresponde ao início de crescimento estável da trinca é chamado de J_{IC} .

Os corpos de prova também são do tipo SE (B) e C (T), porém a norma ASTM E 813-88 [4] normaliza estes corpos de prova com algumas variações de geometria em relação ao ensaio K_{IC} . A obtenção de J_{IC} é realizada através da obtenção experimental de uma curva de J em função do crescimento da trinca R.

Atualmente, há uma nova norma combinada para ensaios J, que incorpora o procedimento para a realização do ensaio para obtenção da curva J - R à análise do ponto correspondente ao início do crescimento de trinca estável, J_{IC} , denominada E 1737 [5]. Trata-se de uma versão combinada das normas E 813 e E 1152, que tratavam, de maneira individual, da obtenção de J_{IC} e da construção da curva J - R, respectivamente. A grande novidade introduzida na E 1737 foi a possibilidade de se caracterizar um valor de tenacidade à fratura baseado em J (J_C), para uma situação de uma fratura frágil por clivagem.

CTOD - MECÂNICA DA FRATURA ELASTO-PLÁSTICA

O Crack Tip Opening Displacement, CTOD, é um parâmetro de fratura proposto e desenvolvido por Wells (1961) [6], que ao tentar medir valores de K_{IC} em um certo número de estruturas de aço, percebeu que os materiais envolvidos eram muito tenazes. A descoberta teve assim aspectos favoráveis e desfavoráveis: do lado positivo, o fato de que para o projeto é sempre interessante contar com uma classe de materiais que tenha uma alta tenacidade, sendo assim menos propícia a uma falha por fratura; do lado negativo, a constatação que a metodologia então existente para a caracterização da tenacidade à fratura dos materiais (MFLE) não era aplicável. Wells, no entanto, pode observar que as faces das trincas existentes nos corpos de prova sofriam um arredondamento, devido à deformação plástica, antes de atingirem a fratura. Após inúmeras observações, foi possível relacionar o grau de arredondamento na ponta da trinca original à tenacidade à fratura do material, fazendo com que se propusesse essa relação como um parâmetro de fratura para condições elasto-plásticas. Esse parâmetro é hoje conhecido como CTOD.

O parâmetro de tenacidade CTOD é baseado na medida da abertura da ponta da trinca, e é obtido a partir da medida V_p realizada por um "clip-gage" devidamente instalado na abertura do entalhe do corpo de prova. A conversão da medida V_p obtida pelo "clip-gage" para o valor do CTOD é realizada através da determinação de um centro de rotação do corpo de prova situado abaixo da trinca. Esse centro de rotação é gerado pelo carregamento aplicado à amostra, que provoca uma deformação em torno de um ponto denominado como centro aparente de rotação.

Entre os ensaios utilizados para avaliar a tenacidade à fratura dos materiais, o ensaio CTOD é o que apresenta

a maior simplicidade de execução. A principal vantagem da utilização do ensaio CTOD é devida à possibilidade da sua aplicação tanto em materiais de elevada resistência mecânica, onde predominam os conceitos da mecânica da fratura linear-elástica, quanto em materiais dúcteis onde se tem condições elasto-plásticas. Essas características permitem a utilização desse ensaio para a avaliação de materiais que são muito dúcteis ou apresentam espessura reduzida para ser ensaiado pelo método KIC, ou ainda, para materiais que apresentam propensão a crescimento instável da trinca. É um ensaio que se apresenta de forma bastante abrangente, uma vez que pode ser validado mesmo em condições onde se tenha, ou não, propagação estável da trinca antes da fratura final. Desse modo, o ensaio CTOD pode ser bastante indicado em pesquisa e desenvolvimento de novas microestruturas, onde não se tenha resultados prévios do comportamento de fratura dos materiais [7].

Os corpos de prova recomendados para a obtenção do CTOD, segundo a norma ASTM E 1290 [8], são os mesmos utilizados para a obtenção do J_{IC} . O ensaio do tipo CTOD não faz restrições à espessura do corpo de prova a ser ensaiado, podendo ser igual à espessura do material de interesse; no entanto, os valores de CTOD calculados para o mesmo material, podem ser influenciados pelas dimensões ou pelo tipo de amostra utilizada. Os valores determinados para corpos de prova do tipo C (T) podem ser diferentes daqueles determinados para amostras do tipo SE (B), ou ainda, podem sofrer variações decorrentes das espessuras dos corpos de prova [9].

NORMA UNIVERSAL DE TENACIDADE À FRATURA (ASTM E 1820)

A idéia desta norma é a de evitar desperdícios hoje usuais na área de ensaios de Mecânica da Fratura, pelo fato de

não se conhecer previamente o comportamento do material sendo ensaiado. Como exemplo do que hoje acontece, vejamos o caso do ensaio de um material do qual se espera um comportamento linear-elástico. A norma escolhida para tratar tal caso seria a E 399.

5 Seguidas as regulamentações impostas por esta norma, como a escolha do corpo de prova do tipo C (T), por exemplo, e seriam realizados os ensaios, podendo ser encontrados resultados inválidos. Nesta situação, seria necessário a preparação de novos corpos de prova C (T), de acordo com as normas E 813 e E 1152, que são
10 ligeiramente diferentes dos definidos pela norma E 399, de forma a acomodar um posicionamento diferente dos Clip-gages, para então obterem-se valores de J, que nos permitiriam avaliar a tenacidade à fratura em regime elasto-plástico. Como pode ser visto, este antigo procedimento causava um desperdício de tempo, material e, portanto,
15 aumento de custo do processo.

A filosofia da nova metodologia de ensaio da norma E 1820 é a de adotar uma abordagem universal, considerando que todos os métodos anteriormente vigentes valiam-se essencialmente dos mesmos corpos de prova e de procedimentos
20 similares, mas que o cálculo final da tenacidade à fratura era uma função tão somente do tipo de análise a qual os resultados dos testes estariam sujeitos.

Isto quer dizer que, em se utilizando a nova norma, um resultado de KIC poderia ser obtido para um
25 comportamento essencialmente linear-elástico do material ensaiado, da mesma forma que se os resultados dos ensaios demonstrassem um comportamento elasto-plástico, a tenacidade seria então calculada em termos da integral J ou de CTOD. Enfim, a nova norma não adota qualquer técnica nova para medição da tenacidade à fratura, mas tão

somente combina de forma eficiente as técnicas já existentes nas normas E 399, E 813, E 1152 e E 1290, esta última relacionada a tenacidade à fratura em termos do CTOD, anteriormente vigentes [10].

As seguintes obras também fazem parte do estado da técnica:

[1] IRWIN, G. R. Analysis of stresses and strains near the end of a crack transversing a plate, Transactions, ASME, Journal of Applied Mechanics, v.24, 1957, in ROLFE, S. T., BARSON, J. M. Fracture and fatigue control in structures – applications of fracture mechanics, ed. By N.M. NEWMARK and W. J. HALL, Prentice-Hall, New Jersey, p. 516-557, 1971.

[2] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Philadelphia. E – 399, Standard test methods for plane-strain fracture toughness of metallic materials, Philadelphia, 31p., 1995.

[3] Andrade, A. Apostila de Métodos de Ensaios e Parâmetros do Material, IPEN, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 1998.

[4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, E – 813, Standard test methods for J_{IC} , a measure of fracture toughness, Philadelphia, 12p., 1995.

[5] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, E – 1737, Standard Method for J-Integral Characterization of Fracture Toughness, Philadelphia, 12p., 1995.

[6] WEELS, A. A. Unstable crack propagation in metals – Cleavage and fast fracture, Cranfield Crack Propagation Symposium, 1, p.210 – 218, 1961.

[7] Guimarães, V. A., Ensaios de Tenacidade à Fratura, Unesp - Campus de Guaratinguetá, Notas de aula, 1999.

[8] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Philadelphia. E - 1290, Standard test methods for crack-tip opening displacement (CTOD) fracture toughness measurement. Philadelphia, 10p., 1995.

5 [9] DeAquino, C. T. E., Ferreira, I., Landes, J. D., A Mecânica da Fratura no Projeto de Componentes Estruturais Fabricados com Aços, Notas de aula do curso de Mecânica da Fratura, Campinas, SP, 1998.

10 [10] DeAquino, C. T. E., Miranda, C. A. J., Avaliação Experimental da Integral J em aços de uso estrutural - Novos Procedimentos e Metodologias, Trabalho apresentado no XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia, SP, 1999.

OBJETIVOS DA INVENÇÃO

15 A pesquisa na área de Mecânica da Fratura faz parte de um processo extremamente dinâmico, sempre visando melhorar as tecnologias já existentes e apresentar novos desenvolvimentos, de forma a ser obtido um melhor desempenho, e garantir a integridade das estruturas e componentes sendo projetados

20 ou em operação. O controle dos carregamentos aplicados realizados pelos parafusos instrumentados foram precisos, podendo-se facilmente controlar os valores de carga máxima de fadiga previstos nas normas de tenacidade à fratura. As primeiras trincas nucleadas nos corpos de prova pelo sistema atenderam às especificações das

25 normas que regem tais ensaios. Por apresentar-se de forma eficiente, o sistema pode ser uma alternativa interessante para a nucleação de pré-trincas de fadiga em corpos de prova de tenacidade à fratura para pequenos laboratórios.

A presente patente tem como objetivo uma

máquina para a nucleação de pré-trincas de fadiga em corpos de prova do tipo C (T) e SE (B) para a realização de ensaios de tenacidade à fratura. Com este equipamento é possível a realização de ensaios do tipo K_{IC} , CTOD e J_{IC} , em uma máquina de tração convencional instrumentada por um sistema de aquisição de dados. A contribuição que o objeto desta patente proporciona é a criação de tecnologia para laboratórios, com pequena quantidade de recursos financeiros que não dispõem de máquinas servo hidráulicas, conseguirem autonomia para a execução de ensaios de tenacidade à fratura.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

O início do trabalho se deu através da realização do projeto e do dimensionamento das partes estruturais da máquina, desenho e detalhamento dos componentes. Em seguida, foi realizada a usinagem dos componentes e montagem do conjunto, bem como a calibração do equipamento. Na segunda etapa foram realizados os primeiros testes, onde foram nucleadas trincas nos corpos de prova apropriados para a realização dos ensaios de tenacidade à fratura (tipos C (T) e SE (B)).

A máquina para nucleação de pré-trincas de fadiga baseia-se em um eixo com dois anéis excêntricos, que pode ser regulado (de 0 a 1 mm). A carga aplicada pode ser de até 600 Kgf.

A trinca de fadiga ocorre devido à aplicação de uma carga através de um mecanismo excêntrico, controlado por um anel graduado. O eixo excêntrico que funciona aplicando movimentos alternados no corpo de prova transmite um esforço concentrado no entalhe, gerando a trinca por fadiga.

O sistema possui ainda um suporte para a fixação dos corpos de prova do tipo SE (B), e outro sistema para a

fixação de corpos de prova do tipo C (T)

Após a montagem do equipamento foram realizados diversos ensaios, sendo que o carregamento foi controlado através da utilização de uma instrumentação realizada com o auxílio de extensômetros colados nos parafusos de suporte. Dentro deste projeto também foram construídas as garras e sistemas de fixação da máquina de tração, apropriados para a realização de ensaios de mecânica da fratura.

O motor elétrico utilizado preferencialmente é de 1HP de potência. Também é utilizado um inversor de frequências, AC 200-240 V.

Toda a parte estrutural é usinada em aço microligado, e as outras partes (suporte, anéis excêntricos, e o próprio eixo) foram usinadas em aço SAE 4140 e posteriormente temperados.

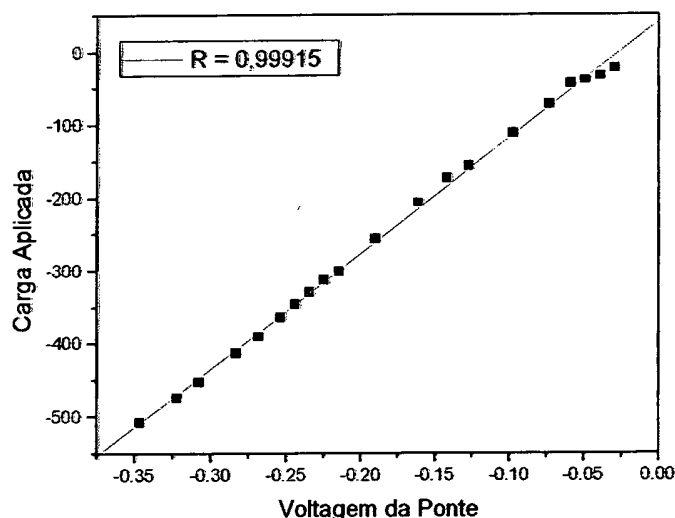
A aplicação da carga foi fixada por um controle de deslocamento, que não se altera durante todo o ensaio. A carga aplicada, que tende a diminuir à medida que ocorre o crescimento da trinca, pode ser controlada através de um sistema de aquisição de dados. Para tal, foram colados extensômetros nos dois parafusos de suporte (no caso do sistema para a realização dos ensaios com os corpos de prova do tipo SE (B)), e no parafuso superior (para os ensaios com corpos de prova do tipo C (T)), saindo um conjunto de cabos apropriados para conexão no sistema de aquisição de dados. Também foi realizada a calibração dos sistemas, utilizando-se uma máquina convencional de ensaios mecânicos com uma célula de carga calibrada, onde se aplica um carregamento de compressão. Com este procedimento, foi obtida a curva de calibração mostrada a seguir, onde se pode verificar que o coeficiente de correlação obtido, foi próximo a um (1) para carregamentos aplicados até a ordem de

500 Kgf. O programa utilizado para tratamento de dados foi o software LabView, que permite o ajuste da carga.

Após a montagem da máquina, foram realizados os primeiros testes em corpos de prova de flexão em 3 pontos e de tração, que apresentaram trincas nucleadas de forma satisfatória no que se refere ao tamanho da trinca, que precisa estar entre 0,45 e 0,55 da largura do corpo de prova.

As figuras 1, 2 e 3 referem-se à primeira etapa do projeto, quando foi desenvolvido o sistema para nucleação de trincas nos corpos de prova do tipo SE (B). A princípio, era utilizado um outro motor, e ainda não era utilizado o inversor de frequências. Atualmente, este motor foi substituído, e ambos os sistemas (para corpos de prova do tipo SE(B) e C (T)) funcionam com o motor acima citado, juntamente com o inversos de frequências. As figuras 4, 5 e 6 apresentam os componentes do equipamento para os corpos de prova do tipo C (T).

O gráfico abaixo refere-se à curva de calibração para o sistema SE (B).



Para que se tenha uma clara visualização da

5

10

5

20

25

A Figura 11 representa a vista em elevação dos

parafusos de fixação das paredes de sustentação na placa suporte;

A Figura 12 representa a vista em planta dos parafusos de fixação das paredes de sustentação na placa suporte;

5 placa suporte;

A Figura 14 representa a vista em perfil da placa suporte;

A Figura 15 representa a vista em perfil do anel;

10 A Figura 16 representa a vista em planta do anel;

A Figura 17 representa a vista em planta das paredes de sustentação;

15 A Figura 18 representa a vista em perfil das paredes de sustentação;

A Figura 19 representa a vista em planta da placa superior;

A Figura 20 representa a vista em perfil da placa superior;

20 A Figura 21 representa a vista em planta do parafuso suporte do cabeçote superior;

A Figura 22 representa a vista em elevação do parafuso suporte do cabeçote superior;

25 A Figura 23 representa a vista em elevação da porca suporte do cabeçote superior;

A Figura 24 representa a vista em planta da porca suporte do cabeçote superior;

A Figura 25 representa a vista em elevação do cabeçote superior;

A Figura 26 representa a vista em perfil do cabeçote superior;

A Figura 27 representa a vista em planta do cabeçote superior;

5 A Figura 28 representa a vista em perfil da base de fixação do "T" suporte de corpos de prova do tipo SE (B);

A Figura 29 representa a vista em elevação da base de fixação do "T" suporte de corpos de prova do tipo SE (B);

10 A Figura 30 representa a vista em elevação do parafuso de fixação do "T" suporte de corpos de prova do tipo SE (B);

A Figura 31 representa a vista em planta do parafuso de fixação do "T" suporte de corpos de prova do tipo SE (B);

A Figura 32 representa a vista em elevação do "T" suporte de corpos de prova do tipo SE (B);

15 A Figura 33 representa a vista em perfil do "T" suporte de corpos de prova do tipo SE (B);

A Figura 34 representa a vista em planta do "T" suporte de corpos de prova do tipo SE (B);

20 A Figura 35 representa a vista em elevação do pino de apoio de corpos de prova do tipo SE (B);

A Figura 36 representa a vista em planta do pino de apoio do corpo de prova do tipo SE (B);

25 A Figura 37 representa uma vista de elevação em corte da bucha do pino de apoio de corpos de prova do tipo SE (B);

A Figura 38 representa a vista em planta da bucha do pino de apoio de corpos de prova do tipo SE (B);

A Figura 39 representa a vista em elevação do parafuso de junção dos anéis de fixação do eixo ligado ao motor e do rolamento;

5 A Figura 40 representa a vista em planta do parafuso de junção dos anéis de fixação do eixo ligado ao motor e do rolamento;

A Figura 41 representa a vista de elevação em corte do anel de fixação do eixo ligado ao motor e do rolamento;

10 A Figura 42 representa a vista em planta do anel de fixação do eixo ligado ao motor e do rolamento;

A Figura 43 representa a vista em elevação do eixo ligado ao motor elétrico;

A Figura 44 representa a vista em planta do flange de acoplamento do eixo ao motor elétrico;

15 A Figura 45 representa a vista de elevação em corte do flange de acoplamento do eixo ao motor elétrico;

A Figura 46 representa a vista em planta do flange do motor elétrico;

20 A Figura 47 representa a vista de elevação em corte do flange do motor elétrico;

A Figura 48 representa a vista em elevação do parafuso de fixação do eixo;

A Figura 49 representa a vista em planta do parafuso de fixação do eixo;

25 A Figura 50 representa a vista em planta do acoplamento dos flanges do eixo e do motor;

A Figura 51 representa a vista em elevação do parafuso de fixação do motor;

A Figura 52 representa a vista em planta do

parafuso de fixação do motor;

A Figura 53 representa a vista em planta do parafuso inferior de fixação do anel superior na garra;

5 A Figura 54 representa a vista em elevação do parafuso inferior de fixação do anel superior na garra;

A Figura 55 representa a vista em planta do parafuso superior de fixação da garra na placa superior;

A Figura 56 representa a vista em elevação do parafuso superior de fixação da garra na placa superior;

10 A Figura 57 representa a vista em elevação do parafuso de sustentação da placa superior nas paredes;

A Figura 58 representa a vista em planta do parafuso de sustentação da placa superior nas paredes;

15 A Figura 59 representa a vista em planta da placa superior para corpos de prova do tipo SE (B);

A Figura 60 representa a vista em elevação da placa superior para corpos de prova do tipo SE (B);

A Figura 61 representa a vista em elevação da garra de fixação de corpos de prova do tipo C(T);

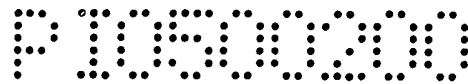
20 A Figura 62 representa a vista em perfil da garra de fixação de corpos de prova do tipo C(T);

A Figura 63 representa a vista em elevação do anel superior;

25 A Figura 64 representa a vista em perfil do anel superior;

A Figura 65 representa a vista em elevação do anel inferior;

A Figura 66 representa a vista em perfil do anel inferior.



De acordo com essas ilustrações e em seus pormenores, a máquina para a nucleação de pré-trincas de fadiga em corpos de prova, é constituída basicamente pela placa suporte retangular (2) sustentada pelos parafusos (1), sobre a qual são apoiadas as paredes de sustentação (5) fixadas à placa (2) pelos parafusos (3), sendo que ditas paredes (5) possuem um furo para passagem do eixo (19), ancorado pelos rolamentos (18), cuja extremidade é provida do flange (20) fixado pelo parafuso (24), o acoplamento (21) e o flange (22) do motor, fixado pelo parafuso (23); dito eixo (19) é provido na sua porção mediana entre as paredes (5), dos anéis (4) e (16) fixados pelos parafusos (17), sendo que sobre dito anel (17) é provido o rolamento (15) que, dita máquina quando montada para a nucleação de corpos de prova do tipo SE (B), serve de apoio do pino (13), que desliza pela bucha (14), fixada à placa superior (6), a qual é fixada às paredes (5) pelos parafusos suporte (7), que ancoram o cabeçote superior (9), presos pelas porcas (8), sendo que em dito cabeçote superior (9) são presas, por meio dos parafusos (12), as fixações (10) do "T" (11) que por sua vez, fixam o corpo de prova tipo SE (B).

Para corpos de prova do tipo C(T), dita máquina é constituída placa suporte retangular (2) sustentada pelos parafusos (1), sobre a qual são apoiadas as paredes de sustentação (5) fixadas à placa (2) pelos parafusos (3), sendo que ditas paredes (5) possuem um furo para passagem do eixo (19), ancorado pelos rolamentos (18), cuja extremidade é provida do flange (20) fixado pelo parafuso (24), o acoplamento (21) e o flange (22) do motor, fixado pelo parafuso (23); dito eixo (19) é provido na sua porção mediana entre as paredes (5), dos anéis (4) e (16) fixados pelos parafusos (17), sendo que sobre dito anel (17) é provido o rolamento (15) que, de

maneira que dita máquina quando montada para a nucleação de corpos de prova do tipo C(T), serve de apoio do anel superior (30) que possui um furo roscado para fixação do parafuso (29) de fixação da garra (26) que prende uma das extremidades do corpo de prova; sobre as paredes de sustentação (5) são rosqueados os parafusos (25) de sustentação da placa superior (27), que serve de suporte do parafuso superior (28), que por sua vez sustenta a garra superior (26) que prende a outra extremidade do corpo de prova do tipo C(T).

Não se tem conhecimento de nenhuma máquina para a nucleação de pré-trincas de fadiga em corpos de prova que reúna conjuntamente, todas as características construtivas e funcionais acima relatadas, e que direta ou indiretamente, é ou foi tão efetiva quanto a máquina objeto da presente patente.

Trata-se portanto, de um produto de grande importância ao fim visado, que consiste de uma máquina para a nucleação de pré-trincas de fadiga em corpos de prova, satisfazendo plenamente os objetivos propostos e cumprindo de maneira prática e eficiente as funções destinadas, proporcionando uma série de vantagens inerentes à sua aplicabilidade, revestindo-se de características próprias, inovadoras e dotadas com requisitos fundamentais de novidade e atividade inventiva, exigidos para merecer a proteção de patente de invenção.

REIVINDICAÇÕES

1 – “MÁQUINA PARA A NUCLEAÇÃO DE PRÉ-

TRINCAS DE FADIGA EM CORPOS DE PROVA”, caracterizada pelo fato de ser constituída basicamente por uma placa suporte retangular (2), sustentada pelos parafusos (1), sobre a qual são apoiadas as paredes de sustentação (5) fixadas à placa (2) pelos parafusos (3), sendo que ditas paredes (5) possuem um furo para passagem do eixo (19), ancorado pelos rolamentos (18), cuja extremidade é provida do flange (20) fixado pelo parafuso (24), o acoplamento (21) e o flange (22) do motor, fixado pelo parafuso (23); dito eixo (19) é provido na sua porção mediana entre as paredes (5), dos anéis (4) e (16) fixados pelos parafusos (17), sendo que sobre dito anel (17) é provido o rolamento (15) que, dita máquina quando montada para a nucleação de corpos de prova do tipo SE (B), serve de apoio do pino (13), que desliza pela bucha (14), fixada à placa superior (6), a qual é fixada às paredes (5) pelos parafusos suporte (7), que ancoram o cabeçote superior (9), presos pelas porcas (8), sendo que em dito cabeçote superior (9) são presas, por meio dos parafusos (12), as fixações (10) do “T” (11) que por sua vez, fixam o corpo de prova tipo SE (B).

2 – “MÁQUINA PARA A NUCLEAÇÃO DE PRÉ-

TRINCAS DE FADIGA EM CORPOS DE PROVA”, caracterizada pelo fato de ser constituída por uma placa suporte retangular (2) sustentada pelos parafusos (1), sobre a qual são apoiadas as paredes de sustentação (5) fixadas à placa (2) pelos parafusos (3), sendo que ditas paredes (5) possuem um furo para passagem do eixo (19), ancorado pelos rolamentos (18), cuja extremidade é provida do flange (20) fixado pelo parafuso (24), o acoplamento (21) e o flange (22) do motor, fixado pelo parafuso (23); dito eixo (19) é provido na sua porção mediana entre as paredes (5), dos anéis (4) e (16) fixados

pelos parafusos (17), sendo que sobre dito anel (17) é provido o rolamento (15) que, de maneira que dita máquina quando montada para a nucleação de corpos de prova do tipo C(T), serve de apoio do anel superior (30) que possui um furo roscado para fixação do parafuso (29) de fixação da garra (26) que prende uma das extremidades do corpo de prova; sobre as paredes de sustentação (5) são rosqueados os parafusos (25) de sustentação da placa superior (27), que serve de suporte do parafuso superior (28), que por sua vez sustenta a garra superior (26) que prende a outra extremidade do corpo de prova do tipo C(T).

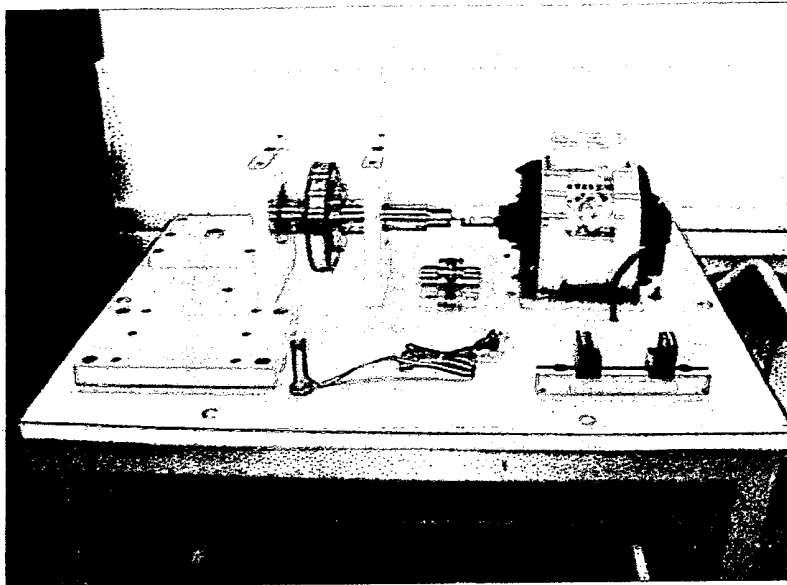


FIG. 1

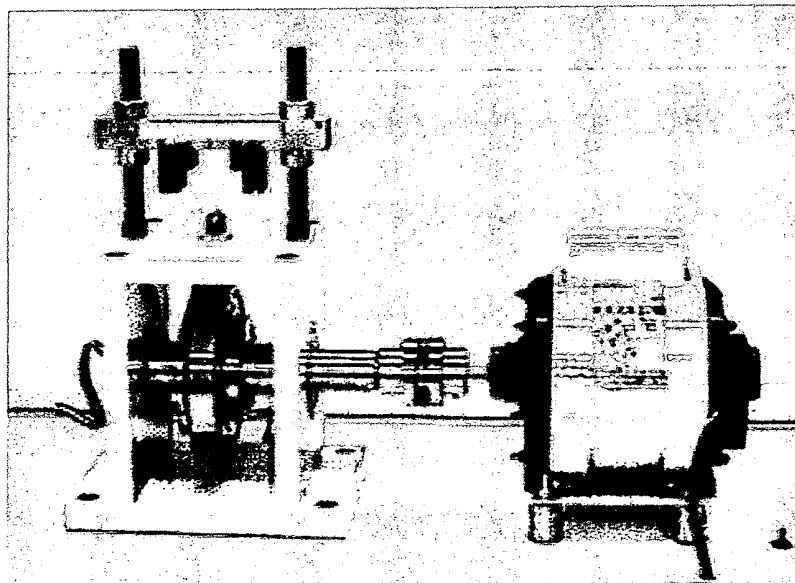


FIG. 2

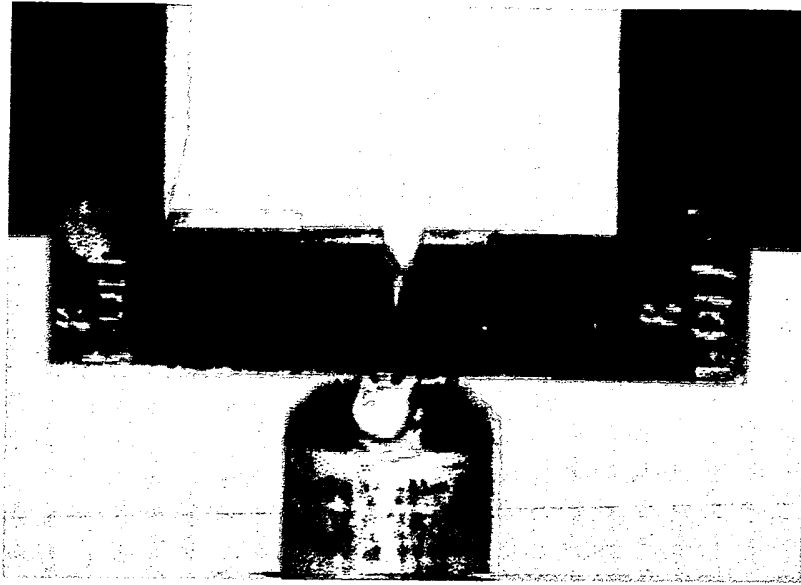


FIG. 3

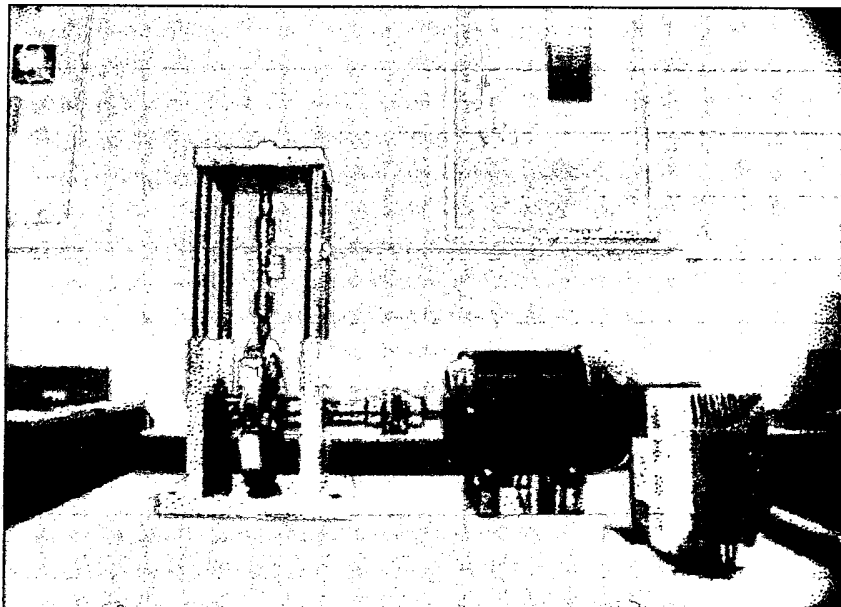


FIG. 4

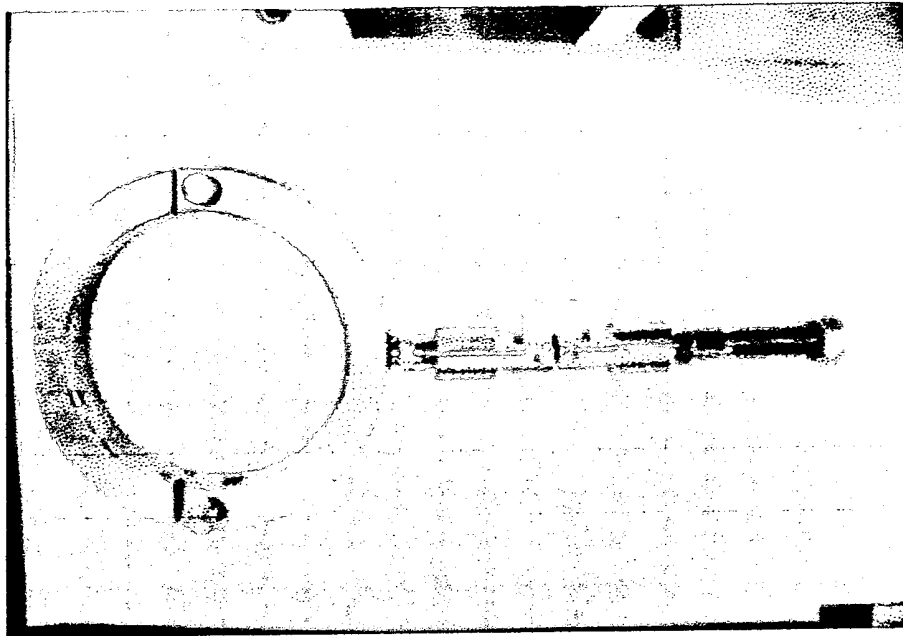


FIG. 5

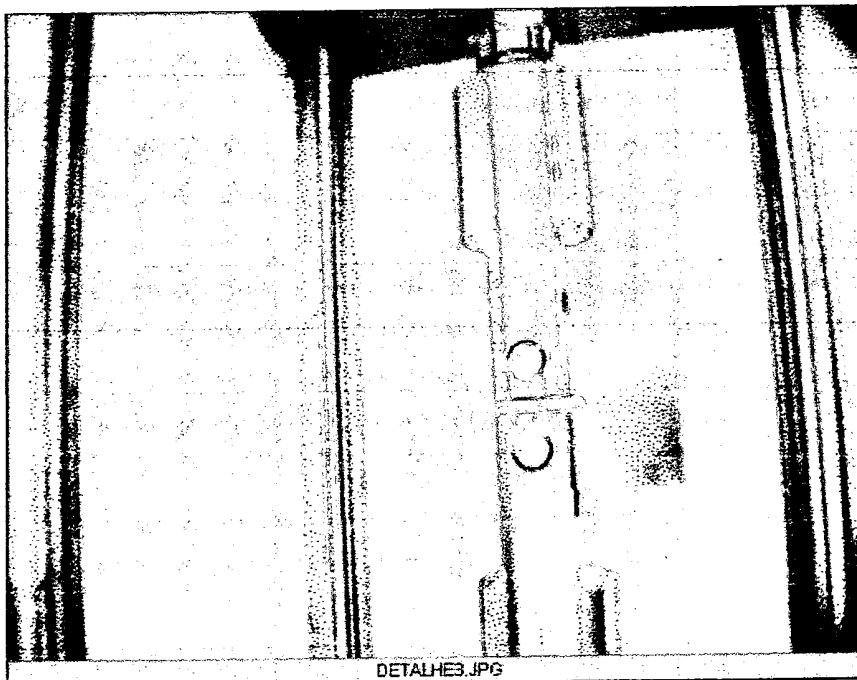


FIG. 6

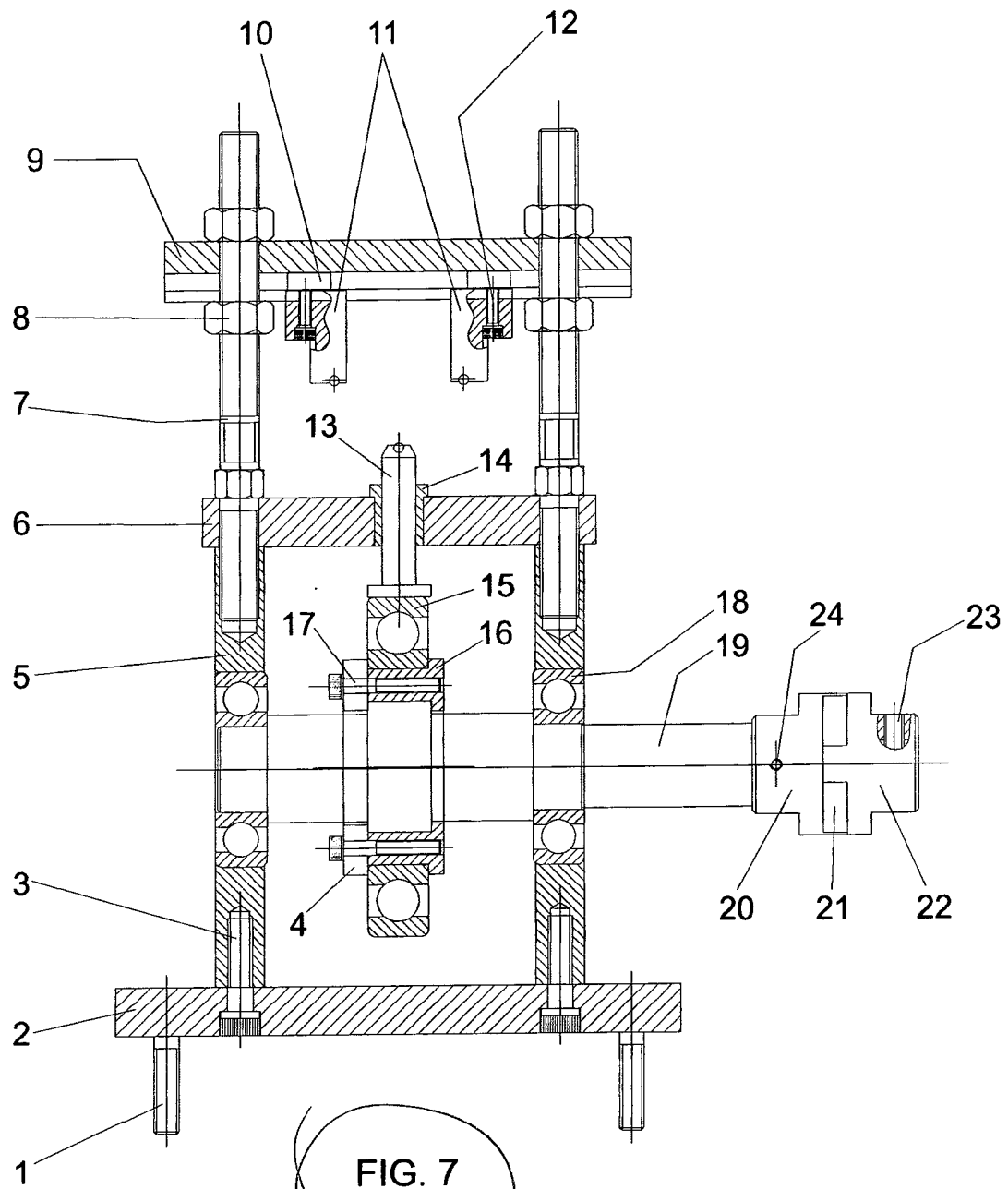


FIG. 7

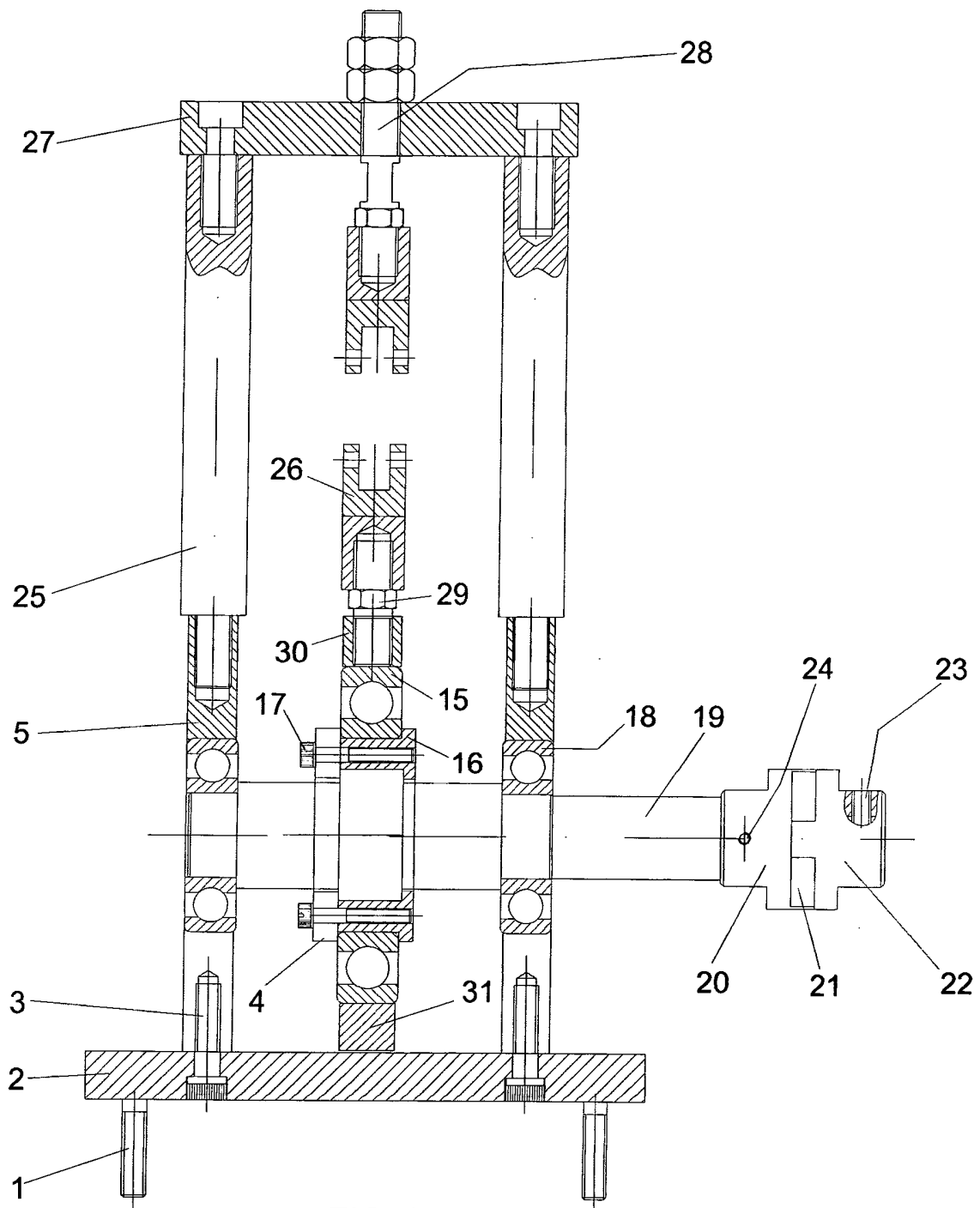


FIG. 8

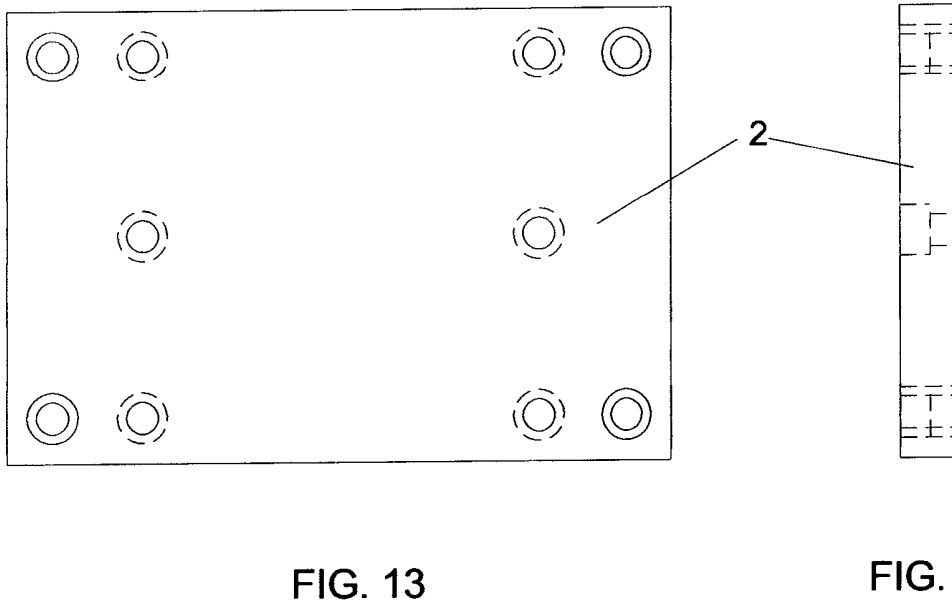
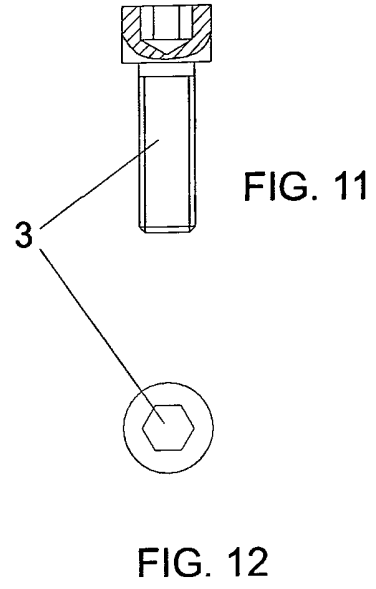
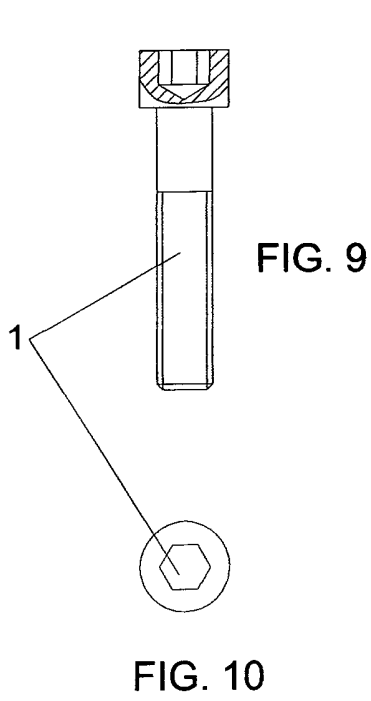




FIG. 15

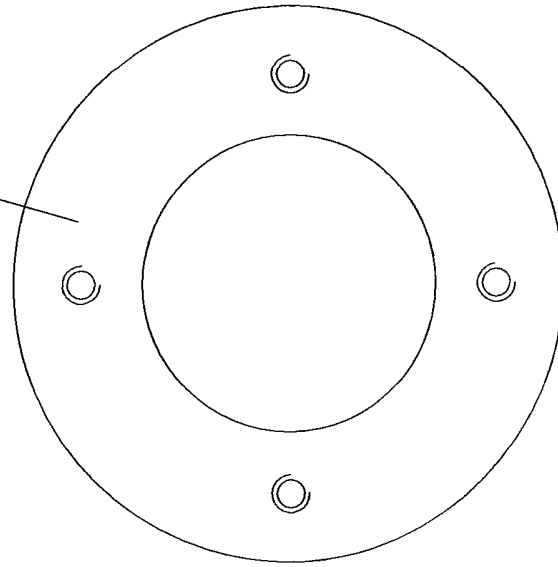


FIG. 16

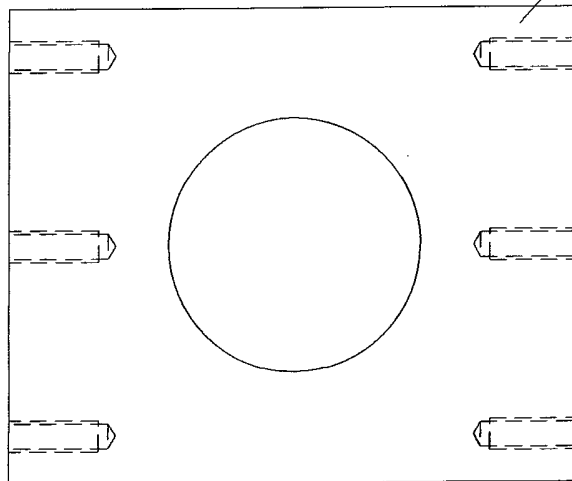


FIG. 17

5

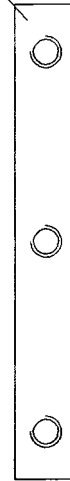


FIG. 18

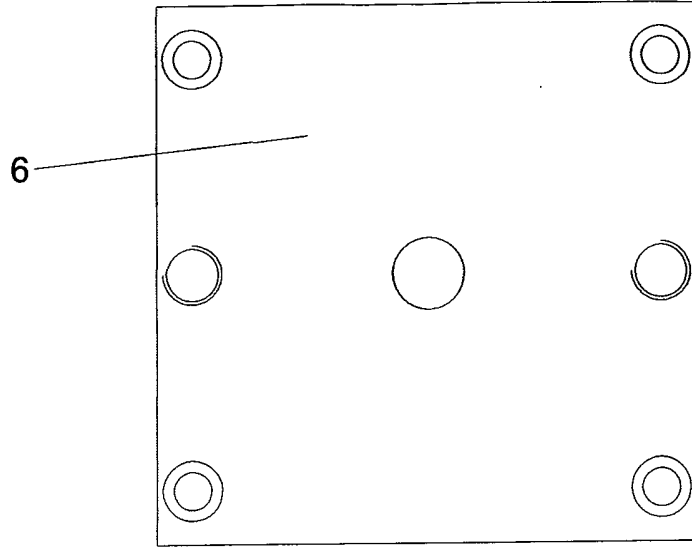


FIG. 19

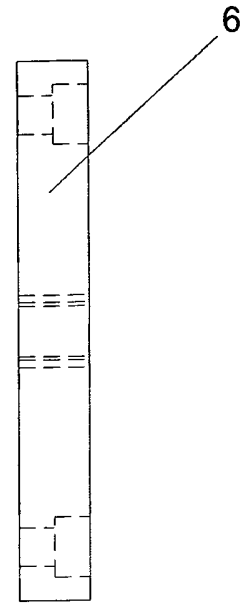


FIG. 20

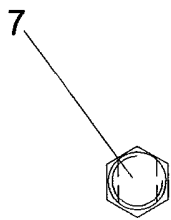


FIG. 21

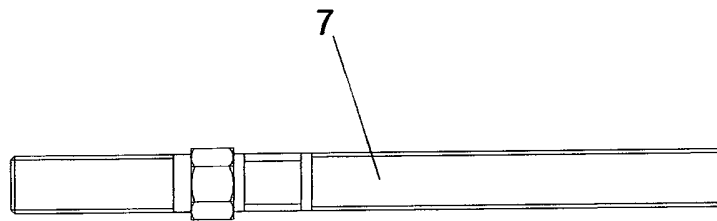


FIG. 22

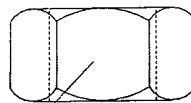


FIG. 23

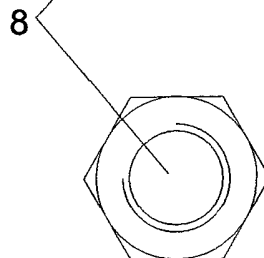


FIG. 24

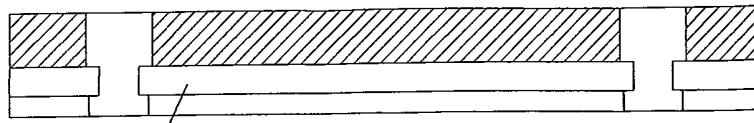


FIG. 25

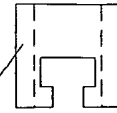


FIG. 26

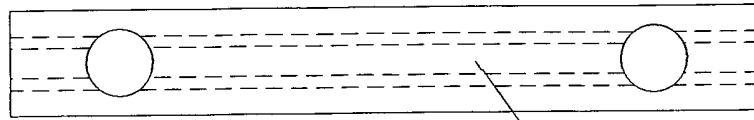


FIG. 27

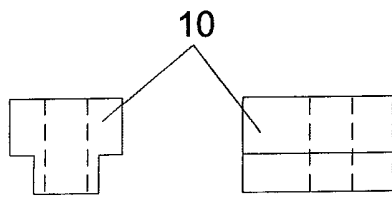


FIG. 28

FIG. 29



FIG. 30



FIG. 31

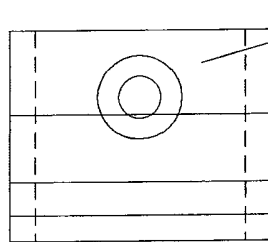


FIG. 32

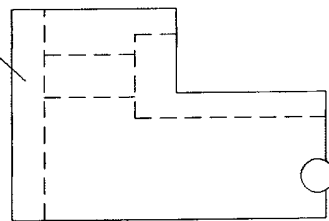


FIG. 33

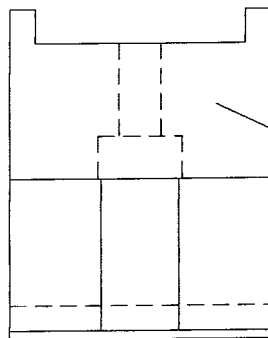
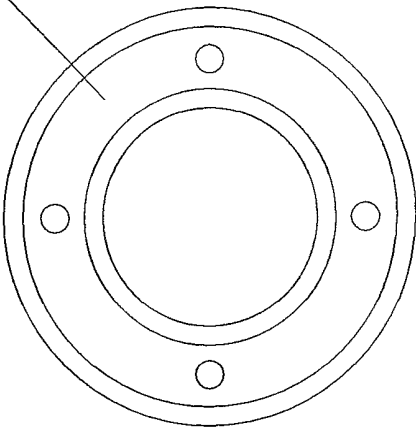
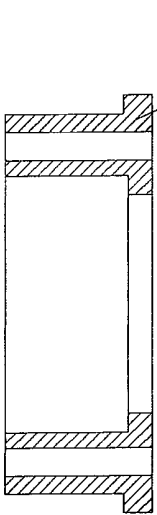
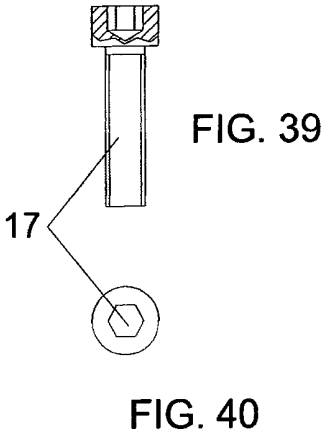
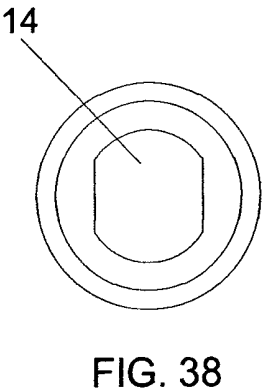
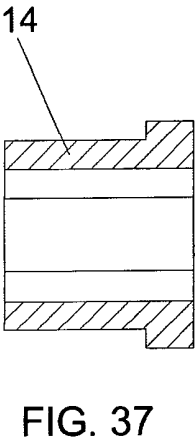
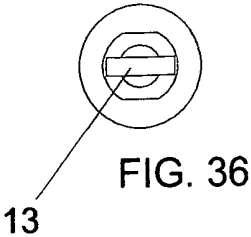
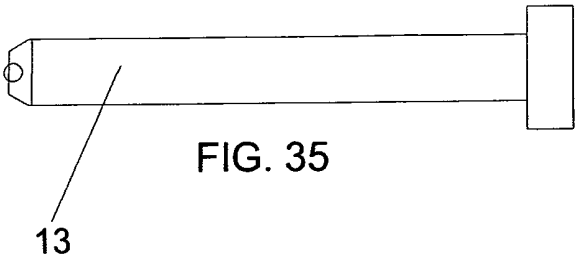


FIG. 34



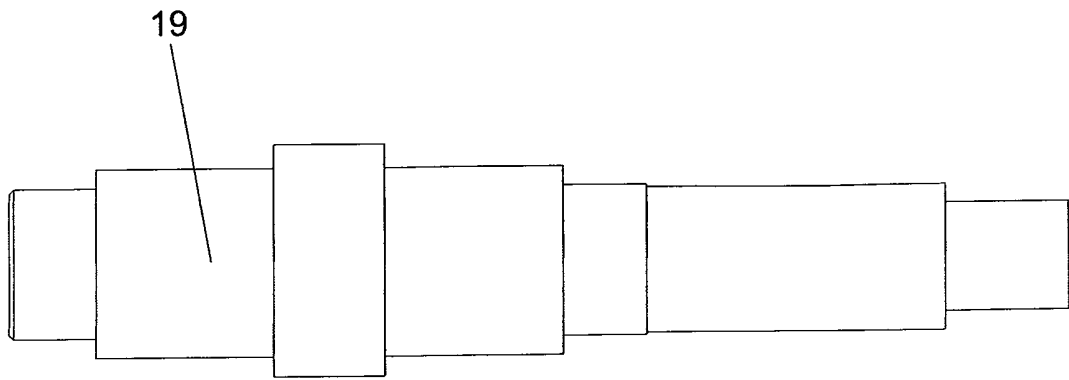


FIG. 43

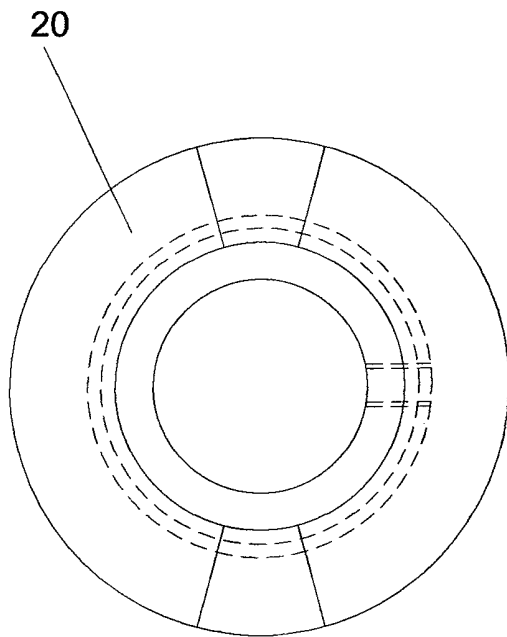


FIG. 44

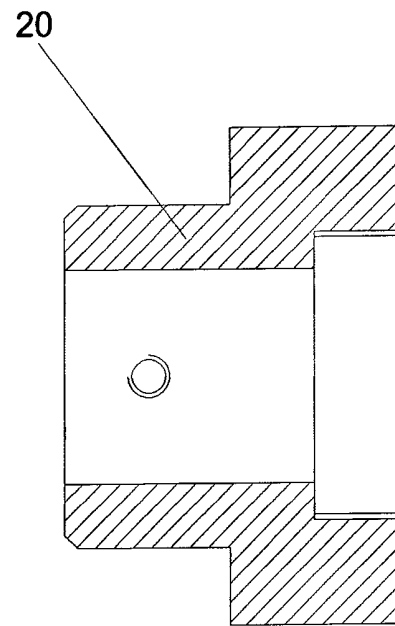


FIG. 45

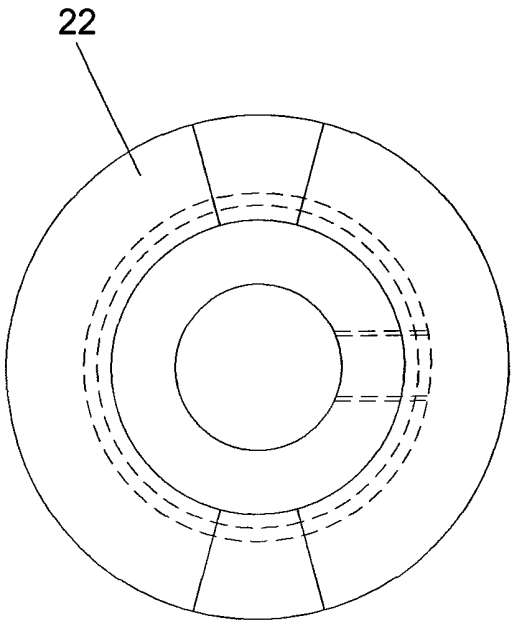


FIG. 46

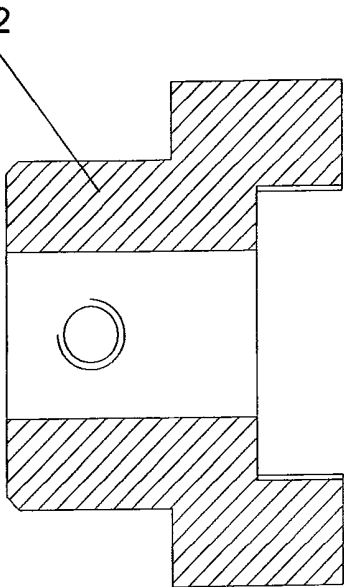


FIG. 47

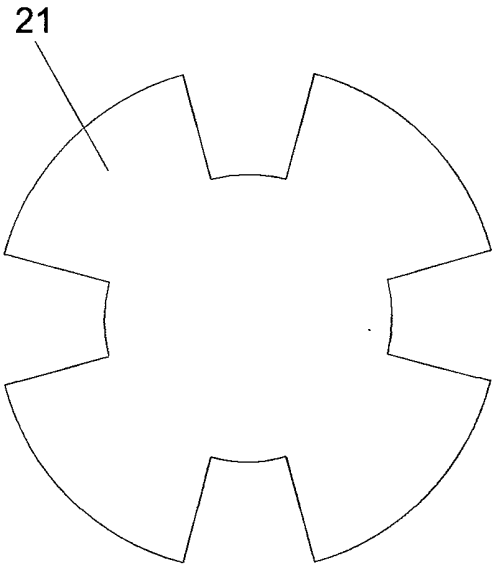


FIG. 50

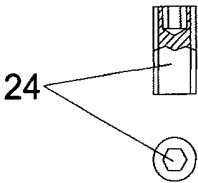


FIG. 48

FIG. 49

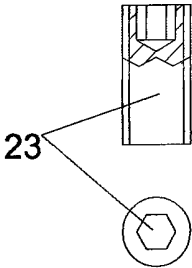


FIG. 51

FIG. 52

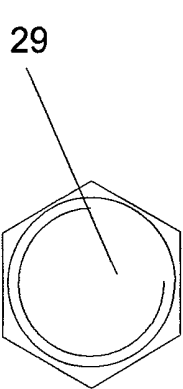


FIG. 53

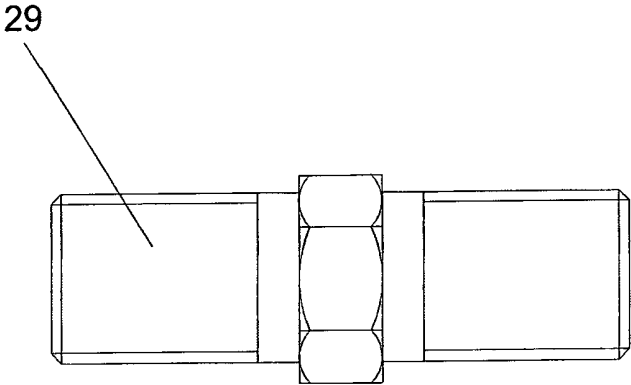


FIG. 54

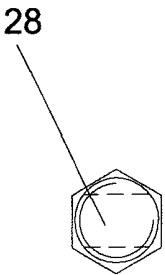


FIG. 55

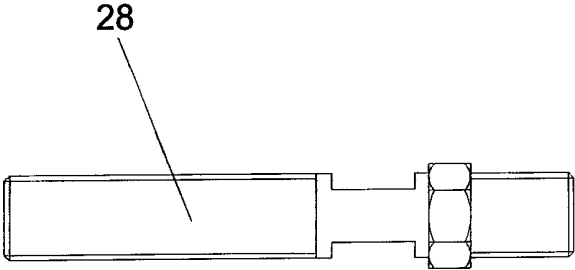


FIG. 56

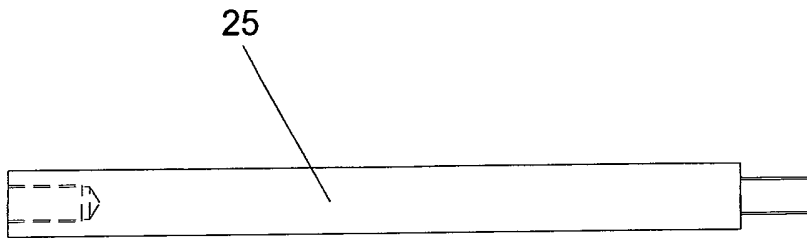


FIG. 57

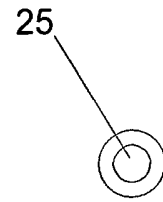


FIG. 58

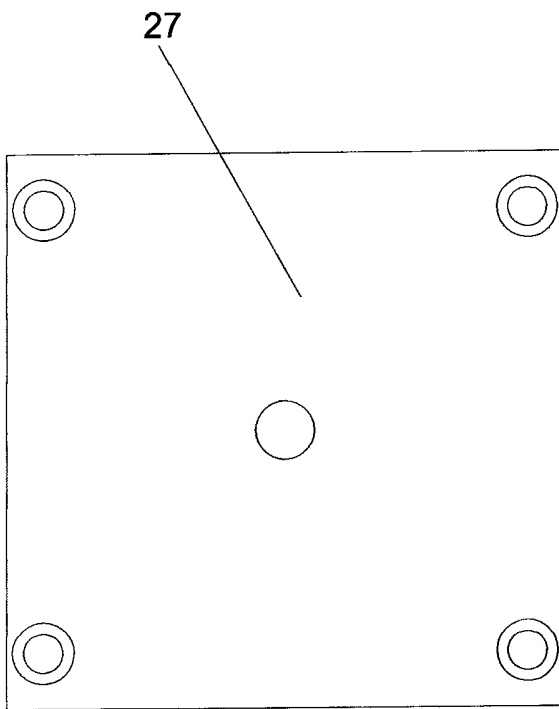


FIG. 59

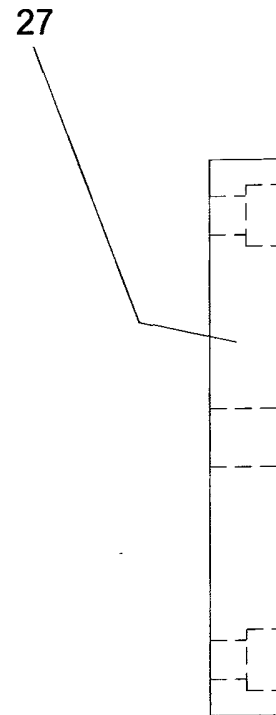


FIG. 60

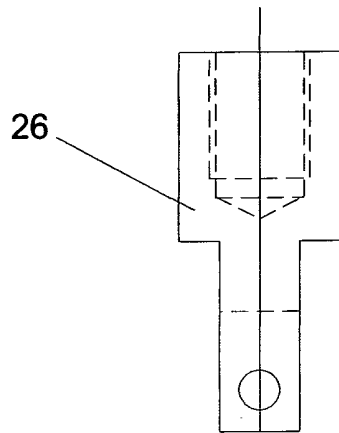


FIG. 61

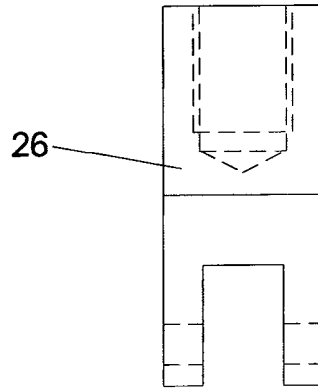


FIG. 62

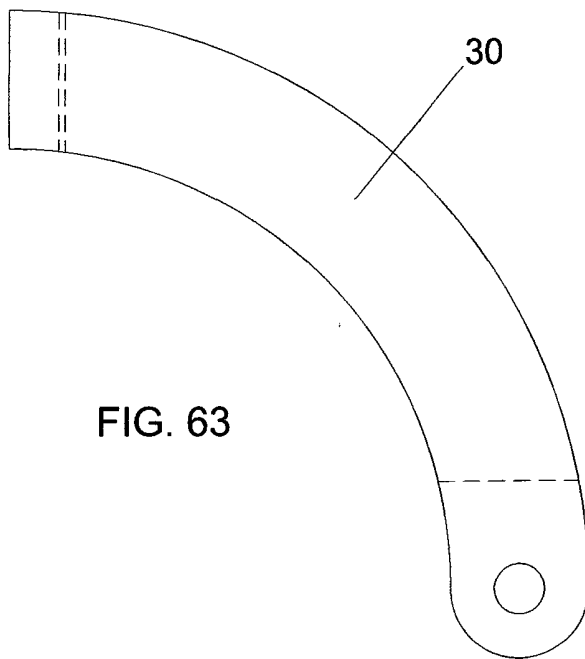


FIG. 63

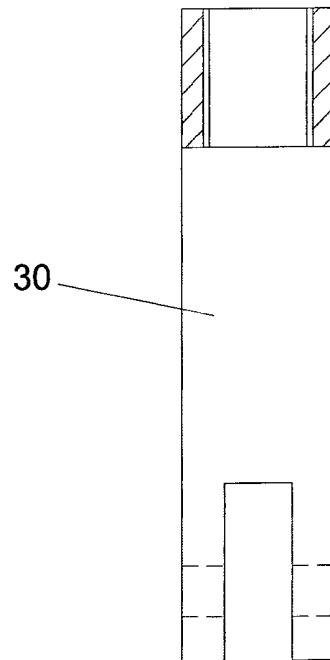


FIG. 64

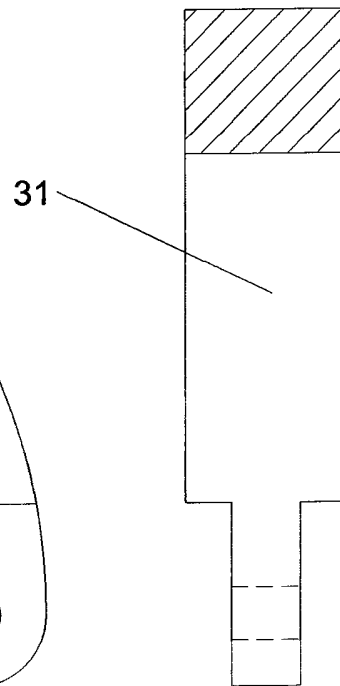
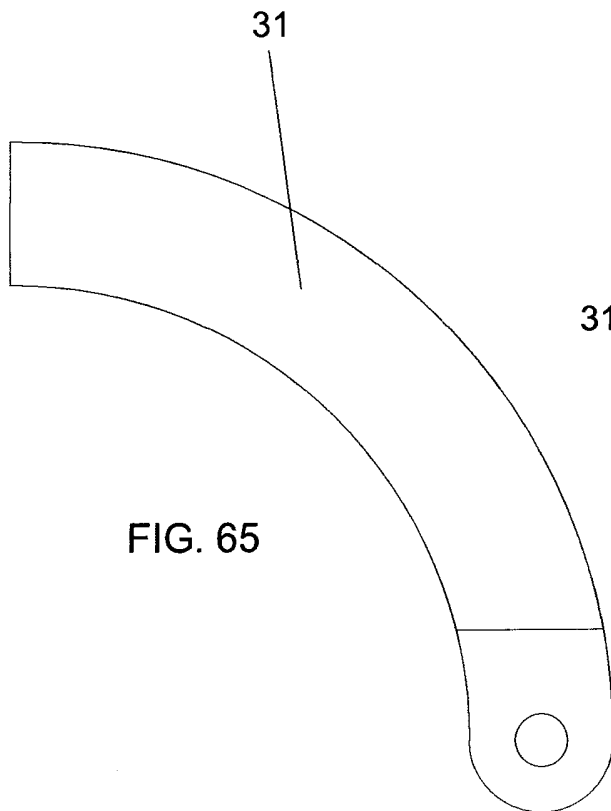


FIG. 66

RESUMO

“MÁQUINA PARA A NUCLEAÇÃO DE PRÉ-TRINCAS DE FADIGA EM CORPOS DE PROVA” compreendida basicamente pela placa suporte retangular (2) sustentada pelos parafusos (1), sobre a qual são apoiadas as paredes de sustentação (5) fixadas à placa (2) pelos parafusos (3), sendo que ditas paredes (5) possuem um furo para passagem do eixo (19), ancorado pelos rolamentos (18), cuja extremidade é provida do flange (20) fixado pelo parafuso (24), o acoplamento (21) e o flange (22) do motor, fixado pelo parafuso (23); dito eixo (19) é provido na sua porção mediana entre as paredes (5), dos anéis (4) e (16) fixados pelos parafusos (17), sendo que sobre dito anel (17) é provido o rolamento (15) que, dita máquina quando montada para a nucleação de corpos de prova do tipo SE (B), serve de apoio do pino (13), que desliza pela bucha (14), fixada à placa superior (6), a qual é fixada às paredes (5) pelos parafusos suporte (7), que ancoram o cabeçote superior (9), presos pelas porcas (8), sendo que em dito cabeçote superior (9) são presas, por meio dos parafusos (12), as fixações (10) do “T” (11) que por sua vez, fixam o corpo de prova tipo SE (B). Para corpos de prova do tipo C(T), dita máquina é constituída placa suporte retangular (2) sustentada pelos parafusos (1), sobre a qual são apoiadas as paredes de sustentação (5) fixadas à placa (2) pelos parafusos (3), sendo que ditas paredes (5) possuem um furo para passagem do eixo (19), ancorado pelos rolamentos (18), cuja extremidade é provida do flange (20) fixado pelo parafuso (24), o acoplamento (21) e o flange (22) do motor, fixado pelo parafuso (23); dito eixo (19) é provido na sua porção mediana entre as paredes (5), dos anéis (4) e (16) fixados pelos parafusos (17), sendo que sobre dito anel (17) é provido o rolamento (15) que, de maneira que dita máquina quando montada

- para a nucleação de corpos de prova do tipo C(T), serve de apoio do
anel superior (30) que possui um furo roscado para fixação do
parafuso (29) de fixação da garra (26) que prende uma das
extremidades do corpo de prova; sobre as paredes de sustentação (5)
5 são rosqueados os parafusos (25) de sustentação da placa superior
(27), que serve de suporte do parafuso superior (28), que por sua vez
sustenta a garra superior (26) que prende a outra extremidade do
corpo de prova do tipo C(T).