



\* B R 1 0 2 0 2 1 0 2 6 0 8 7 A 2 \*

República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102021026087-4 A2

(22) Data do Depósito: 22/12/2021

(43) Data da Publicação Nacional:  
07/03/2023

(54) **Título:** MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA CURVA P\_S\_N, APARELHO E SISTEMA PARA JUNTA SOLDADA

(51) **Int. Cl.:** G01N 3/00.

(30) **Prioridade Unionista:** 24/08/2021 CN 202110972859.9.

(71) **Depositante(es):** JIANGSU XCMG CONSTRUCTION MACHINERY RESEARCH INSTITUTE LTD..

(72) **Inventor(es):** ZHANG LIPING; MA GUO; ZHANG GUIZHI.

(57) **Resumo:** MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA CURVA P\_S\_N, APARELHO E SISTEMA PARA JUNTA SOLDADA. A presente invenção divulga um método e sistema de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada. O método inclui: obter o número de níveis de tensão de teste, o número de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste e valores de vida à fadiga de cada amostra soldada sob diferentes níveis de tensão de teste; calcular vidas de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste e um valor médio e um desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica; com base nas vidas de fadiga logarítmicas calculadas e no valor médio e no desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica, determinando se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes; e com base em diferentes níveis de confiabilidade inseridos, desenhando uma curva P\_S\_N. A presente invenção leva em consideração a influência de um nível de qualidade de soldagem nos dados de fadiga de soldagem e tem uma pequena dispersão da vida à fadiga da costura soldada. Diferentes tipos de tensão de amostras de fadiga soldada são calculados usando um método de elementos finitos. Curvas SN (...).

obter o número de níveis de tensão de teste, o número de amostras casadas sob diferentes níveis de tensão de teste e valores de vida de fadiga de cada amostra casada sob diferentes níveis de tensão de teste, para formar dados brutos

Com base nos dados brutos obtidos, calcular a vida de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste e um valor médio e um desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica e remover valores de vida de fadiga irracionais

Com base nas vidas de fadiga logarítmica calculadas e no valor médio e no desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica, determinar se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes

nas amostras, os dados de cada nível de teste são suficientes, com base em diferentes níveis de confiabilidade imputados, respectivamente calculando interceptos e inclinações correspondentes aos níveis de confiabilidade e as curvas SN de desenho correspondentes a diferentes níveis de confiabilidade em um gráfico log-log

FIGURA 1

## MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA CURVA P\_S\_N, APARELHO E SISTEMA PARA JUNTA SOLDADA

### CAMPO TÉCNICO

[001] A presente invenção se refere ao campo técnico de testes de fadiga para estruturas soldadas e, especificamente, se refere a um método, aparelho e sistema de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada.

### ESTADO DA TÉCNICA

[002] Atualmente, a soldagem se tornou o método de conexão mais importante para estruturas de engenharia, e o peso de uma estrutura soldada representa mais de 50% do valor total de uma estrutura de aço. No entanto, os acidentes de fratura de estruturas soldadas acontecem com frequência, sendo que 80% a 90% dos acidentes são atribuídos à falha por fadiga. A falha por fadiga ocorre freqüentemente em peças soldadas de peças estruturais de máquinas de engenharia que suportam cargas dinâmicas, causando enormes perdas econômicas. Portanto, os estudos sobre o comportamento da fratura por fadiga de juntas soldadas têm um valor teórico e prático significativo.

[003] Com o desenvolvimento contínuo de estudos de teste de fadiga e o aumento contínuo nos requisitos para projetos estruturais leves, o projeto de vida finita é amplamente aplicado na indústria de máquinas de engenharia. O projeto de vida finita, particularmente o projeto de vida finita em uma posição de costura soldada, requer o fornecimento de dados de teste de fadiga precisos e confiáveis. Os dados do teste de fadiga podem ser afetados por muitos fatores aleatórios e têm grande dispersão, e uma curva S\_N feita por um método convencional é uma curva S\_N de valor médio com uma taxa de sobrevivência  $P = 50\%$  e confiança de 50%, e pode simplesmente representar uma relação entre uma vida de fadiga de valor médio e um nível de estresse. Durante o projeto da peça estrutural soldada e a estimativa da vida à fadiga, usar essa curva como base geralmente é perigoso. Portanto, curvas S\_N e dados de fadiga sob qualquer taxa de sobrevivência (P) e confiança (C) precisam ser determinados e estudados, de modo que o projeto de

confiabilidade e a previsão de vida para a estrutura possam ser alcançados de acordo com um nível de probabilidade correspondente. Estudos sobre curvas S\_N de desempenho de fadiga de placas são relativamente amplos em casa e no exterior. Para o comportamento de fadiga de uma junta soldada sob uma ação de tensões alternadas, existem relativamente menos estudos sobre curvas sobre as relações entre a vida em fadiga e os níveis de tensão.

[004] O pedido de patente US nº US20130006542A1 divulga a avaliação da propriedade de fadiga de cisalhamento de metal de contato de rolamento e estimativa de pressão de contato máxima do limite de fadiga usando a mesma avaliação e fornece a determinação da relação entre uma amplitude de tensão de cisalhamento de um material metálico de contato de rolamento e o número de carregamentos por meio de um ensaio ultrassônico de fadiga torcional, e determinação da resistência à fadiga ao cisalhamento a partir da relação entre a amplitude da tensão de cisalhamento e o número de carregamentos de acordo com um padrão pré-determinado. Assim, a relação entre a amplitude da tensão de cisalhamento do material metálico de contato rolante e o número de carregamentos é determinada principalmente por meio do ensaio de fadiga torcional ultrassônica, e uma curva P\_S\_N é testada por meio de um ensaio de fadiga de acordo com a norma predeterminada. O pedido de patente não se refere a um método para processar dados de teste de um teste de fadiga de uma junta soldada e um sistema de teste de curva P\_S\_N.

[005] O pedido de patente chinesa No. CN109883636A divulga um método de teste de curva P\_S\_N de liga de alumínio para um pacote de bateria e fornece um método de teste de curva P\_S\_N de liga de alumínio para um pacote de bateria, que inclui especificamente as seguintes etapas: S1. mantendo a espessura de uma placa original, polindo um lado e mantendo um estado original do outro lado, onde a rugosidade de polimento é  $Ra \leq 0,2\mu\text{m}$ ; S2. dividir uma curva P\_S\_N em três seções e definir um nível de tensão e o número de amostras de cada seção; S3. definir parâmetros de teste, ou seja, uma frequência de cruzamento de pico e uma razão de tensão de uma parte em

atenção; e S4. com base nos parâmetros de teste definidos e nos níveis de estresse, realizando o teste da curva S\_N nas amostras e desenhando uma curva P\_S\_N. Com base na taxa de tensão obtida e frequência de carregamento com base em um ambiente real onde um pacote de bateria está localizado, os dados de teste obtidos melhor se adaptam a um ambiente de uso real de produtos, os dados de vida de fadiga obtidos têm maior precisão na previsão de vida real do produto, e a curva P\_S\_N obtida pode ser usada para implementar design de confiabilidade e previsão de vida de uma estrutura de bateria de acordo com um nível de probabilidade correspondente. Portanto, o teste da curva S\_N é realizado em amostras principalmente com base nos parâmetros de teste definidos e nos níveis de tensão, e uma curva P\_S\_N é desenhada. O pedido de patente divulga principalmente um método de teste de curva P\_S\_N de material de liga de alumínio e não se refere a um método para processar dados de teste de um teste de fadiga de uma junta soldada e um sistema de teste de curva P\_S\_N.

[006] O pedido de patente chinesa No. CN109470549A divulga um método de caracterização da curva P\_S\_N do material de fabricação aditivo e uma aplicação do mesmo, e fornece um método de caracterização da curva P\_S\_N do material de fabricação aditivo e uma aplicação do mesmo. Um modelo de uma característica de distribuição de vida de fadiga sob um determinado nível de tensão é descrito pela adoção de distribuição normal logarítmica de pico duplo e um método de avaliação de parâmetro de distribuição é estabelecido. Com base nisso, um método de estimativa do parâmetro da curva P\_S\_N da fadiga é estabelecido. Um resultado de teste de fadiga sob o nível de tensão dado é obtido, os dados são processados pela adoção da distribuição normal logarítmica de pico duplo e o método de avaliação do parâmetro de distribuição é estabelecido, para formar a característica de distribuição da vida útil da fadiga de uma caracterização da curva P\_S\_N que descreve o material. O método é mais razoável em comparação com um modelo de distribuição normal logarítmica de pico único e pode refletir melhor um problema de

dispersibilidade da vida de fadiga causado por fatores como características do processo, de modo que um resultado baseado em testes de peças de teste limitadas seja mais razoável. Portanto, o modelo da característica de distribuição da vida em fadiga sob um determinado nível de tensão é descrito pela adoção da distribuição normal logarítmica de pico duplo, o método de avaliação do parâmetro de distribuição é estabelecido e o método de estimativa do parâmetro da curva de fadiga P\_S\_N é estabelecido. O problema de dispersibilidade da vida em fadiga causado por fatores como características do processo pode ser melhor refletido e o resultado obtido com base em testes de peças de teste limitadas é mais razoável. Da mesma forma, o pedido de patente não se refere a um método para processar dados de teste de um teste de fadiga de uma junta soldada e um sistema de teste de curva P\_S\_N.

[007] O pedido de patente chinesa nº CN108460183A divulga um método de teste para determinar uma curva PSN de fadiga de alto ciclo de um material aero-motor a partir de um pequeno número de amostras e fornece um método de teste para determinar uma curva PSN de fadiga de alto ciclo de um aeromotor - material do motor a partir de um pequeno número de amostras, incluindo: com base em vidas de fadiga da mesma amostra sob diferentes níveis de estresse, os mesmos pontos de distribuição de probabilidade nas respectivas distribuições principais estão em conformidade com a expressão da

fórmula (4): 
$$\frac{n_{ji} - u_j}{\sigma_j} = \frac{n_{ki} - u_k}{\sigma_k}$$
 onde na fórmula (4),  $n_{ji}$  é uma vida logarítmica de uma amostra  $i$  sob o  $j$ -ésimo nível de estresse,  $u_j$  é um valor médio logarítmico de vida sob o  $j$ -ésimo nível de estresse, e  $\sigma_j$  é um desvio padrão logarítmico de vida sob o  $j$ -ésimo nível de estresse; o significado é o mesmo quando o subscrito  $j$  é substituído por  $k$ ; a amostra de vida aponta sob diferentes níveis de estresse tendo correspondências um a um; de acordo com as correspondências na fórmula (4), a vida em fadiga sob um determinado nível de estresse é equivalente àquela sob outro nível de estresse, implementando a agregação de informações de amostra, de modo que grandes amostras

equivalentes sejam obtidas a partir de testes de um pequeno número de amostras, e de acordo para obter grandes dados de amostra equivalentes, são coletadas estatísticas sobre os parâmetros de distribuição da vida. O método fornecido pela presente invenção pode obter a distribuição da vida em fadiga através de uma pequena quantidade de dados de teste com base em um princípio de agregação de amostra e obter uma curva P\_S\_N relativamente precisa. Portanto, com base principalmente no princípio de agregação de amostra, a distribuição da vida em fadiga pode ser obtida por meio de uma pequena quantidade de dados de teste, ou seja, um método de teste para determinar uma curva PSN de fadiga de alto ciclo de um material de motor aeronáutico por um pequeno número de amostras é fornecido. O pedido de patente não se refere a um método para processar dados de teste de um teste de fadiga de uma junta soldada e um sistema de teste de curva P\_S\_N.

[008] Estudos em testes para curvas PSN de juntas soldadas de materiais de aço fornecem a realização de um ensaio de fadiga de amplitude constante em peças de teste de fadiga de juntas soldadas com duas formas diferentes e feitas de materiais de aço diferentes, e a realização de análises estatísticas sobre dados de vida de teste de fadiga de junta, que é, usando um método de inspeção Shapiro, arranjando vidas de fadiga ou vidas de fadiga logarítmica em uma ordem de pequeno a grande e inspecionando a análise estatística, de modo a obter uma curva PSN dos corpos de prova soldados, fornecendo uma base de dados essencial para a vida avaliação. Assim, usando o método de inspeção Shapiro, arranjar as vidas de fadiga ou as vidas de fadiga logarítmica em uma ordem de pequeno a grande e inspecionar a análise estatística, de modo a obter a curva PSN dos corpos de prova soldados com base em uma grande quantidade de testes de fadiga.

[009] Estudos sobre as vidas de fadiga P-S-N de juntas soldadas de liga de alumínio A6005A-T6 resolvem, de acordo com um método de análise estatística de testes de fadiga de um material de liga de alumínio, uma curva P-S-N de amostras lisas e amostras com um reforço de juntas soldadas de liga

de alumínio A6005A-T6. Com base na curva, a análise de confiabilidade é realizada em dados de teste sob diferentes conjuntos de tensões, e as vantagens e desvantagens entre as curvas S-N e uma curva P-S-N são discutidas. O resultado do estudo indica que se uma curva P-S-N com uma alta taxa de sobrevivência e alta confiança for usada para o projeto e avaliação de vida, o resultado é mais propício para a segurança. Assim, um método de agrupamento e um método ascendente e descendente são combinados e, com base na determinação de uma vida de fadiga de valor médio e uma vida de fadiga segura por meio do método de agrupamento e o método ascendente e descendente, uma curva PSN é obtida por meios de ajuste de curva.

[010] Nenhum dos resultados da pesquisa acima forma um sistema, o cálculo ou ajuste é realizado apenas por meio de fórmulas, a capacidade de processamento de dados é grande e o trabalho é pesado.

#### RESUMO

[011] Em relação aos problemas acima, a presente invenção fornece um método de determinação da curva P\_S\_N, aparelho e sistema para uma junta soldada, capaz de combinar análise de elemento finito e um teste de fadiga em um pequeno número de amostras para obter dados de teste. As curvas SN sob diferentes confiabilidades são ajustadas para obter uma curva P\_S\_N com uma alta taxa de sobrevivência e alta confiança, para uso direto no projeto de produtos de máquinas de engenharia e estimativa de vida útil. A carga de trabalho e os custos dos testes de fadiga são reduzidos. A confiabilidade do produto é aprimorada.

[012] A fim de atingir os objetivos técnicos e alcançar os efeitos técnicos, a presente invenção é implementada pelas seguintes soluções técnicas:

[013] Em um primeiro aspecto, a presente invenção fornece um método de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, incluindo:

[014] obter o número de níveis de tensão de teste, o número de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste e valores de vida de fadiga

de cada amostra soldada sob diferentes níveis de tensão de teste, para formar dados brutos;

[015] com base nos dados brutos obtidos, calcular a vida de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste e um valor médio e um desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica e remover valores de vida de fadiga não razoáveis;

[016] com base nas vidas de fadiga logarítmica calculadas e no valor médio e no desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica, determinando se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes;

[017] e se os dados de amostra de cada nível de teste forem suficientes, com base em diferentes níveis de confiabilidade inseridos, respectivamente calculando intercepções e inclinações correspondentes aos níveis de confiabilidade e,

[018] em seguida, desenhando curvas SN correspondentes a diferentes níveis de confiabilidade em um gráfico log-log, para completar Determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada.

[019] Opcionalmente, uma fórmula de cálculo para a fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de estresse de teste é:

$$x_{ji} = \lg N_{ji}$$

[020] uma fórmula de cálculo para o valor médio das vidas de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste é:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}$$

[021] uma fórmula de cálculo para o desvio padrão da fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste é:

$$s_{x_j} = \sqrt{\frac{1}{n_j - 1} \left[ \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}^2 - \frac{1}{n_j} \left( \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} \right)^2 \right]}$$

[022] Onde  $x_{ji}$  é a vida de fadiga logarítmica da  $i$ -ésima amostra soldada quando o nível de tensão de teste é,  $j$ ,  $N_{ji}$  é o valor de vida de fadiga da  $i$ -ésima amostra soldada quando o nível de tensão de teste é, é o número de amostras soldadas quando o nível de tensão de teste  $j$ ,  $n_j$  é, é um valor médio das vidas úteis de fadiga logarítmica de amostras soldadas quando o nível de tensão de teste  $j$ ,  $\bar{x}_j$  é,  $n_j$  e  $j$ , e  $s_{x_j}$  é o desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica sob o nível de tensão de teste  $j$ .

[023] Opcionalmente, um método de cálculo para as intercepções e as inclinações correspondentes aos níveis de confiabilidade inclui: quando o nível de confiabilidade é  $P_i$ , os deslocamentos normais padrão sob os níveis de estresse de teste são calculados com base em uma função de distribuição normal, e se os deslocamentos normais padrão são linearmente relacionados às vidas de fadiga logarítmica sob os níveis de estresse de teste, com base no valor médio e variância da fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de estresse de teste, a fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de estresse de teste  $P_i$  quando o nível de confiabilidade é calculado; e quando o nível de confiabilidade é  $P_i$  e as vidas de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste estão linearmente relacionadas aos níveis de tensão logarítmica, a intercepção  $a_{P_i}$  e a inclinação  $a_{P_i}$  correspondente ao nível de confiabilidade  $P_i$  são calculados usando um modo de ajuste linear.

[024] Opcionalmente, os deslocamentos normais padrão sendo linearmente relacionados às vidas de fadiga logarítmica sob os níveis de tensão de teste são determinados usando o seguinte método: com base em uma fórmula

predefinida, calculando um coeficiente de correlação  $r_j$  sob o nível de estresse de teste  $j$ :

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} u_{p_i}^2 x_{ji}^2 - \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (u_{p_i}) \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ji})}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^{n_j} u_{p_i}^2 - \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (u_{p_i})^2 \right) \left( \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}^2 - \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ji})^2 \right)}}$$

[025] onde  $x_{ji}$  é a vida de fadiga logarítmica da  $i$ -ésima amostra soldada sob o nível de tensão de teste,  $j$ , e  $u_{p_i}$  é o deslocamento normal padrão quando o nível de confiabilidade é  $p_i$ ; e se  $|r_j| > r_{\min}$ , indica que o deslocamento normal padrão está linearmente relacionado à vida de fadiga logarítmica sob o nível de confiabilidade  $p_i$ .

[026] Opcionalmente, a fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de estresse de teste  $p_i$  quando o nível de confiabilidade está sendo linearmente relacionado aos níveis de estresse logarítmico são determinados usando o seguinte método: calcular um coeficiente de correlação  $r_{pi}$  entre a vida de fadiga logarítmica e o nível de tensão logarítmica quando a confiabilidade é  $p_i$ :

$$r_{pi} = \frac{\sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \lg N_j - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j) \sum_{j=1}^m (\lg N_j)}{\sqrt{\left( \sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j)^2 - \frac{1}{m} \left( \sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \right)^2 \right) \left( \sum_{j=1}^m (\lg N_j)^2 - \frac{1}{m} \left( \sum_{j=1}^m \lg N_j \right)^2 \right)}}$$

[027] onde  $\sigma_j$  é um valor de estresse quando o nível de estresse é  $j$ , e  $N_j$  é a vida de fadiga logarítmica quando o nível de estresse é  $j$  e a confiabilidade  $j$  é;

e  $P_i$  e se  $|r_{p_i}| > r_{\min}$  indica que a fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de estresse de teste quando o nível de confiabilidade  $P_i$  está linearmente relacionado aos níveis de estresse logarítmico.

[028] Opcionalmente, uma fórmula de cálculo para as inclinações sob diferentes confiabilidades é:

$$b_{p_i} = \frac{\sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \lg N_j - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j) \sum_{j=1}^m (\lg N_j)}{\sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j)^2 - \frac{1}{m} \left( \sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \right)^2}$$

[029] uma fórmula de cálculo para as intercepções sob diferentes confiabilidades é:

$$a_{p_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\lg N_j) - \frac{b_{p_i}}{m} \sum_{j=1}^m \lg \sigma_j$$

[030] uma expressão das curvas SN correspondentes a diferentes níveis de confiabilidade é:

$$\lg N_{p_i} = a_{p_i} + b_{p_i} \lg \sigma_j$$

[031] onde  $N_j$  é a vida de fadiga quando o nível de estresse é  $j$  e a confiabilidade é  $P_i$ ,  $\sigma_j$ , é o valor de estresse quando o nível de estresse é  $j$ ,  $m$  é o número dos níveis de estresse,  $a_{p_i}$  é a intercepção da curva SN quando a confiabilidade é  $P_i$ ,  $b_{p_i}$  é a inclinação quando o a confiabilidade  $P_i$  e  $N_{p_i}$  é, e indica que a fadiga vive sob diferentes níveis de estresse quando a confiabilidade é  $P_i$ .

[032] Opcionalmente, determinar se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes é especificamente: calcular o número mínimo de amostras soldadas necessárias em cada nível de tensão de teste, e se o número de amostras soldadas em cada nível de tensão de teste for menor que o número mínimo calculado de amostras soldadas, aumentando o número de amostras soldadas sob o nível de tensão até o número de amostras soldadas sob cada nível de tensão é maior do que o número mínimo calculado de amostras soldadas.

[033] Opcionalmente, uma fórmula de cálculo para o número mínimo de amostras soldadas é:

$$\frac{\delta_{\max}}{t_r \sqrt{1/n_j + u_{p_i}^2 (k^2 - 1)} - \delta_{\max} u_{p_i} k} \geq \frac{s_{x_j}}{\bar{x}_j}$$

[034] onde  $\delta_{\max}$  é um limite de erro,  $n_j$  é o número de amostras necessárias quando o nível de tensão é  $j$ ,  $t_r$  é um valor de distribuição  $t$ ,  $s_{x_j}$  é o desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica sob o nível de tensão,  $\bar{x}_j$  é o valor médio das vidas de fadiga logarítmica de soldados amostras sob o nível de estresse,  $j$ ,  $u_{p_i}$  é o deslocamento normal padrão quando o nível de confiabilidade é  $P_i$ , e  $k$  é um coeficiente de correção de desvio padrão.

[035] Em um segundo aspecto, a presente invenção fornece um aparelho de determinação de curva P\_S\_N para uma junta soldada, incluindo:

[036] um módulo de obtenção, configurado para obter o número de níveis de tensão de teste, o número de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste e valores de vida de fadiga de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste, para formar dados brutos; um módulo de

cálculo, configurado para calcular, com base nos dados brutos obtidos, vidas de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste e um valor médio e um desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica e remover valores de vida de fadiga irracionais;

[037] um módulo de determinação, configurado para determinar, com base nas vidas de fadiga logarítmica calculadas e o valor médio e o desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica, se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes; e

[038] um módulo de determinação de curva, configurado para calcular, respectivamente, se os dados de amostra de cada nível de teste forem suficientes, com base em diferentes níveis de confiabilidade inseridos, interceptos e inclinações correspondentes aos níveis de confiabilidade e, em seguida, desenhar curvas SN correspondentes a diferentes níveis de confiabilidade em um gráfico log-log, para completar a determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada.

[039] Em um terceiro aspecto, a presente invenção fornece um sistema de determinação de curva P\_S\_N para uma junta soldada, incluindo um processador e um meio de armazenamento, onde o meio de armazenamento é configurado para armazenar instruções; e o processador é configurado para operar de acordo com as instruções para executar as etapas do método no primeiro aspecto.

[040] Em comparação com a técnica anterior, a presente invenção tem os seguintes efeitos benéficos:

[041] no método de processamento de ajuste para curvas SN sob diferentes confiabilidades fornecidas pela presente invenção, os dados de teste são obtidos usando um método de elemento finito combinando com uma pequena quantidade de testes de fadiga, os dados de teste são importados diretamente de um sistema de desenho de curva P\_S\_N para fadiga soldada amostras,

uma distribuição de vida de fadiga é obtida por meio de processamento de ajuste de fundo e uma curva P\_S\_N relativamente precisa para uma junta soldada sob diferentes condições de confiança e taxa de sobrevivência é desenhada, de modo que seja garantido que as curvas SN sejam paralelas. [042] Um resultado de curva P\_S\_N tendo uma alta taxa de sobrevivência e alta confiança na presente invenção pode ser usado diretamente para avaliação de desempenho de fadiga para uma junta soldada, fornecendo uma base para projeto de produto de maquinaria de engenharia, facilitando a segurança de operação de peças estruturais, alcançando maior confiabilidade, e obviamente aumentando a competitividade dos produtos na indústria de fabricação de soldagem.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[043] A fim de compreender facilmente e claramente o conteúdo da presente invenção, a presente invenção é ainda descrita em detalhes de acordo com modalidades específicas em combinação com os desenhos anexos. FIG. 1 é um fluxograma esquemático de um método de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada em uma modalidade da presente invenção.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

[044] Para tornar os objetivos, soluções técnicas e vantagens da presente invenção mais claros, o seguinte descreve ainda a presente divulgação em detalhes com referência às modalidades. Deve ser entendido que as modalidades específicas aqui descritas são meramente usadas para explicar a presente invenção, mas não se destinam a limitar a presente invenção.

[045] O que se segue descreve os princípios de aplicação da presente invenção em detalhe com referência aos desenhos anexos.

[046] Modalidade 1

[047] A modalidade da presente invenção fornece um método de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, como mostrado na FIG. 1, incluindo as seguintes etapas:

[048] Na etapa (1), o número de níveis de tensão de teste, o número de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste e valores de vida de fadiga de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste são obtidos para formar dados brutos.

[049] Na etapa (2), com base nos dados brutos obtidos, a fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de tensão de teste e um valor médio e um desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica são calculados e os valores de fadiga não razoáveis são removidos.

[050] Na etapa (3), com base nas vidas de fadiga logarítmica calculadas e o valor médio e o desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica, é determinado se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes.

[051] Na etapa (4), se os dados de amostra de cada nível de teste forem suficientes, com base em diferentes níveis de confiabilidade inseridos, interceptos e inclinações correspondentes aos níveis de confiabilidade são calculados, respectivamente, e as curvas SN correspondentes a diferentes níveis de confiabilidade são posteriormente desenhadas em um gráfico log-log, para completar a determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada.

[052] O que se segue descreve o método de determinação da curva P\_S\_N em detalhe na forma de realização da presente invenção em combinação com uma implementação específica.

[053] Em S1, de acordo com uma condição de tensão real em um componente soldado, um estado de tensão principal de uma amostra soldada é determinado, um tipo de implementação de teste de fadiga (por exemplo, um teste de fadiga de tração, um teste de fadiga de flexão de três pontos ou quatro teste de fadiga por flexão de pontos) e um tipo de junta soldada (uma junta de

topo ou T) são determinados de acordo com o estado de tensão, então a amostra soldada é soldada, após a soldagem ser concluída, um estado íntimo como soldado da solda a amostra é mantida, a inspeção é realizada de acordo com a ISO5817 e outros padrões de inspeção de qualidade de soldagem relevantes, um grau de qualidade correspondente é registrado e é garantido que as amostras soldadas do mesmo grau de qualidade sejam usadas para testes de fadiga subsequentes.

[054] Em S2, de acordo com a condição de tensão no componente soldado, uma solução de teste para as amostras soldadas é formulada e, primeiro, o número m de níveis de tensão de teste das amostras soldadas é determinado. Em uma modalidade específica da presente invenção, os níveis de estresse de teste podem ser definidos como três ou cinco níveis. Em outras modalidades da presente invenção, os níveis de estresse de teste também podem ser definidos como outros níveis. O valor específico do número m dos níveis de estresse de teste pode ser definido e ajustado de acordo com os requisitos reais.

[055] Em S3, o número de testes para as amostras soldadas de cada nível de tensão de teste é determinado. Em uma modalidade específica da presente invenção, o número de testes em cada nível de estresse é definido como seis a dez. Em outras modalidades da presente invenção, o número de testes em cada nível de estresse é definido como outro valor. O número do teste pode ser definido de acordo com os requisitos reais.

[056] No S4, de acordo com a solução de teste, é realizado um ensaio de fadiga em cada amostra soldada, por meio da adoção de um testador de fadiga de soldagem, para obter a vida útil à fadiga de cada amostra sob diferentes níveis de tensão.

[057] Em S5, a fadiga logarítmica vive abaixo dos níveis de estresse e um valor médio e um desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica são calculados de acordo com as fórmulas 2-1, 2-2 e 2-3.

$$x_{ji} = \lg N_{ji} \quad (2-1)$$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ji} \quad (2-2)$$

$$s_{x_j} = \sqrt{\frac{1}{n_j - 1} \left[ \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}^2 - \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ji})^2 \right]} \quad (2-3)$$

[058] onde  $N_{ji}$  é o valor da vida de fadiga da  $i$ -ésima amostra soldada sob o nível de tensão de teste,  $j$ ,  $n_j$  é o número das amostras soldadas quando o nível de tensão de teste é,  $j$ ,  $x_{ji}$  é a vida de fadiga logarítmica da  $i$ -ésima amostra soldada sob o nível de tensão de teste,  $j$ ,  $\bar{x}_j$  um valor médio das vidas de fadiga logarítmica de amostras  $n_j$  soldadas sob o nível de tensão de teste  $j$ , e  $s_{x_j}$  é o desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica sob o nível de tensão de teste  $j$ .

[059] Em S6, a magnitude de um valor inicial de um coeficiente de correlação na fórmula 2-4 sob os níveis de estresse é calculada e, de acordo com o número de amostras, um valor permitido do resultado é automaticamente consultado. É garantido que o resultado do cálculo é menor do que o valor permitido, caso contrário, os valores de vida de fadiga não razoáveis são removidos.

$$\left| (x_{ji} - \bar{x}_j) / s_{x_j} \right| \quad (2-4)$$

[060] Em S7, a magnitude do número mínimo de amostras soldadas na fórmula 2-5 sob os níveis de tensão é calculada e se o número de amostras em cada nível de tensão é determinado é determinado. Se a fórmula 2-5 for válida, o número de amostras satisfaz os requisitos. Se a fórmula 2-5 não for válida, o número de amostras deve ser aumentado abaixo do nível de estresse, e o cálculo é executado novamente até que os requisitos sejam satisfeitos.

$$\frac{\delta_{\max}}{t_r \sqrt{1/n_j + u_{p_i}^2 (k^2 - 1) - \delta_{\max} u_{p_i} k}} \geq \frac{s_{x_j}}{\bar{x}_j} \quad (2-5)$$

[061] Onde  $\delta_{\max}$  é um limite de erro, geralmente 5%,  $n_j$  é o número de amostras necessárias quando o nível de tensão é  $j$ ,  $t_r$  é um valor de distribuição t,  $\bar{x}_j$  é o valor médio das vidas de fadiga logarítmica de amostras  $n_j$  soldadas sob o nível de tensão,  $j$ ,  $u_{p_i}$  é o normal padrão deslocamento no nível de confiabilidade  $P_i$ , e  $k$  é um coeficiente de correção de desvio padrão.

[066] Em S8, de acordo com o nível de confiabilidade de entrada  $P_i$ , o deslocamento normal padrão  $u_{p_i}$  é calculado usando uma função de distribuição normal.

[067] Em S9, se o deslocamento normal padrão  $u_{p_i}$  está linearmente relacionado à vida de fadiga logarítmica é calculado e  $|r_j| > r_{\min}$  é garantido. Caso contrário, o cálculo é encerrado.

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^n u_{p_i}^2 x_{ji}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (u_{p_i}) \sum_{i=1}^n (x_{ji})}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^n u_{p_i}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (u_{p_i})^2 \right) \left( \sum_{i=1}^n x_{ji}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ji})^2 \right)}} \quad (2-6)$$

[068] Onde  $x_{ji}$  está a vida de fadiga logarítmica da  $i$ -ésima amostra soldada sob o nível de tensão de teste  $j$  e  $u_{pi}$  e é o deslocamento normal padrão quando o nível de confiabilidade é  $P_i$ .

[069] Em S10, a vida de fadiga logarítmica sob a confiabilidade  $P_i$  sob cada nível de tensão é calculada de acordo com a fórmula 2-7.

$$\lg N_j = \bar{x}_j + u_{pi} s_{x_j} \quad (2-7)$$

[070] Em S11, se a fadiga logarítmica vive sob diferentes confiabilidades  $P_i$  está linearmente relacionada aos níveis de tensão logarítmica é calculado  $|r_{pi}| > r_{\min}$  é garantido. Caso contrário, o cálculo é encerrado.

$$r_{pi} = \frac{\sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \lg N_j - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j) \sum_{j=1}^m (\lg N_j)}{\sqrt{\left( \sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j)^2 - \frac{1}{m} \left( \sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \right)^2 \right) \left( \sum_{j=1}^m (\lg N_j)^2 - \frac{1}{m} \left( \sum_{j=1}^m \lg N_j \right)^2 \right)}} \quad (2-8)$$

[071] Onde  $r_{pi}$  é um coeficiente de correlação da vida de fadiga logarítmica e o nível de estresse logarítmico quando a confiabilidade  $P_i$ ,  $\sigma_j$  é, é um valor de estresse quando o nível de estresse é e é a vida de fadiga logarítmica quando o nível de estresse  $j$ , e  $N_j$  é e  $j$  a confiabilidade é  $P_i$ .

[072] Em S12, a curva P\_S\_N é linear nas coordenadas log-log. A interceptação  $a$  e a inclinação  $b$  na fórmula 2-10 quando a confiabilidade  $P_i$  é calculada pela adoção de um modo de ajuste linear, uma curva S\_N quando a

confiabilidade  $P_i$  é desenhada nas coordenadas log-log e, finalmente, a curva P\_S\_N é formada.

[073] Uma fórmula de cálculo para as inclinações sob diferentes confiabilidades é:

$$b_{p_i} = \frac{\sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \lg N_j - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j) \sum_{j=1}^m (\lg N_j)}{\sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j)^2 - \frac{1}{m} \left( \sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \right)^2} \quad (2-9)$$

[074] uma fórmula de cálculo para as intercepções sob diferentes confiabilidades é:

$$a_{p_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\lg N_j) - \frac{b_{p_i}}{m} \sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \quad (2-10)$$

[075] uma expressão das curvas SN correspondentes a diferentes níveis de confiabilidade é:

$$\lg N_{p_i} = a_{p_i} + b_{p_i} \lg \sigma_j \quad (2-9)$$

[076] onde  $N_j$  é a vida de fadiga quando o nível de estresse é  $j$  e a confiabilidade é  $P_i$ ,  $\sigma_j$  é o valor de estresse quando o nível de estresse é,  $j$ ,  $m$  é o número dos níveis de estresse  $P_i$ ,  $b_{p_i}$  é a intercepção da curva SN quando a confiabilidade é,  $a_{p_i}$  é a inclinação quando a confiabilidade é,  $P_i$ , e  $N_{p_i}$  indica que a fadiga vive sob diferentes níveis de estresse quando a confiabilidade é.

[077] Em um processo de desenho específico para curvas S\_N, geralmente, uma curva S\_N quando é 0,5 é desenhada pela primeira vez, curvas S\_N quando outros valores são desenhados e, finalmente, uma série de curvas S\_N

que são paralelas entre si é formada. As curvas S\_N são chamadas coletivamente de curva P\_S\_N.

[078] Modalidade 2

[079] Com base em um conceito inventivo idêntico ao da modalidade 1, a modalidade da presente invenção fornece um aparelho de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, incluindo:

[080] um módulo de obtenção, configurado para obter o número de níveis de tensão de teste, o número de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste e valores de vida de fadiga de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste, para formar dados brutos;

[081] um módulo de cálculo, configurado para calcular, com base nos dados brutos obtidos, vidas de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste e um valor médio e um desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica e remover valores de vida de fadiga irracionais;

[082] um módulo de determinação, configurado para determinar, com base nas vidas de fadiga logarítmica calculadas e o valor médio e o desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica, se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes; e um módulo de determinação de curva, configurado para calcular, respectivamente, se os dados de amostra de cada nível de teste forem suficientes, com base em diferentes níveis de confiabilidade inseridos, interceptos e inclinações correspondentes aos níveis de confiabilidade e, em seguida, desenhar curvas SN correspondentes a diferentes níveis de confiabilidade em um gráfico log-log, para completar a determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada.

[083] As partes restantes são todas idênticas às da modalidade 1.

[084] Modalidade 3

[085] Com base em um conceito inventivo idêntico ao da modalidade 1, a modalidade da presente invenção fornece um sistema de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, incluindo um processador e um meio de armazenamento.

[086] O meio de armazenamento está configurado para armazenar instruções.

[087] O processador é configurado para operar de acordo com as instruções para executar as etapas do método de qualquer uma das modalidades 1.

[088] Os princípios básicos e características principais da presente invenção e as vantagens da presente invenção foram mostrados e descritos acima. Os versados na técnica devem entender que a presente invenção não está limitada às modalidades acima. As modalidades e a descrição acima descrevem apenas o princípio da presente invenção. Várias modificações e melhorias podem ser feitas na presente invenção sem se afastar do espírito e do escopo da presente invenção. Estas modificações e melhorias estão dentro do escopo da presente invenção. O escopo de proteção reivindicado pela presente invenção é definido pelas reivindicações anexas e seus equivalentes.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de determinação de curva P\_S\_N para uma junta soldada, **caracterizado pelo** fato de que compreende: obter o número de níveis de tensão de teste, o número de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste e valores de vida de fadiga de cada amostra soldada sob diferentes níveis de tensão de teste, para formar dados brutos; com base nos dados brutos obtidos, calcular a vida de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste e um valor médio e um desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica e remover valores de vida de fadiga não razoáveis; com base nas vidas de fadiga logarítmica calculadas e no valor médio e no desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica, determinando se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes; e se os dados de amostra de cada nível de teste forem suficientes, com base em diferentes níveis de confiabilidade inseridos, respectivamente calculando interceptações e inclinações correspondentes aos níveis de confiabilidade e, em seguida, desenhando curvas SN correspondentes a diferentes níveis de confiabilidade em um gráfico log-log, para completar Determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada.

2. Método de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que uma fórmula de cálculo para a fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de tensão de teste é:

$$x_{ji} = \lg N_{ji}$$

uma fórmula de cálculo para o valor médio das vidas de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste é:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^n x_{ji}$$

uma fórmula de cálculo para o desvio padrão da fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste é:

$$s_{x_j} = \sqrt{\frac{1}{n_j - 1} \left[ \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}^2 - \frac{1}{n_j} \left( \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} \right)^2 \right]}$$

onde  $x_{ji}$  é a vida de fadiga logarítmica da  $i$ -ésima amostra soldada quando o nível de tensão de teste é  $j$ ,  $N_{ji}$ , é o valor de vida de fadiga da  $i$ -ésima amostra soldada quando o nível de tensão de teste é  $j$ ,  $n_j$ , é o número de amostras soldadas quando o nível de tensão de teste é  $j$ ,  $\bar{x}_j$ , é um valor médio das vidas úteis  $n_j$  de fadiga logarítmica de amostras soldadas quando o nível de tensão de teste é  $j$ , e  $s_{x_j}$ , é o desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica sob o nível de tensão de teste  $j$ .

3. Método de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que um método de cálculo para as intercepções e as inclinações correspondentes aos níveis de confiabilidade compreende: quando o nível de confiabilidade é  $P_i$ , os deslocamentos normais padrão sob os níveis de estresse de teste são calculados com base em uma função de distribuição normal, e se os deslocamentos normais padrão são linearmente relacionados às vidas de fadiga logarítmica sob os níveis de estresse de teste, com base no valor médio e variância da fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de estresse de teste, a fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de estresse de teste quando o nível de confiabilidade  $P_i$  é calculado; e quando o nível de confiabilidade é  $P_i$  e as vidas de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste estão linearmente relacionadas aos níveis de tensão

logarítmica, a interceptação  $a_{p_i}$  e a inclinação  $a_{p_i}$  correspondente ao nível de confiabilidade  $P_i$  são calculados usando um modo de ajuste linear.

4. Método de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo** fato de que os deslocamentos normais padrão sendo linearmente relacionados à fadiga logarítmica sob os níveis de tensão de teste são determinados usando o seguinte método: com base em uma fórmula predefinida, calculando um coeficiente de correlação  $r_j$  sob o nível de estresse de teste  $J$ :

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} u_{p_i}^2 x_{ji}^2 - \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (u_{p_i}) \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ji})}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^{n_j} u_{p_i}^2 - \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (u_{p_i})^2 \right) \left( \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}^2 - \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ji})^2 \right)}}$$

onde  $x_{ji}$  é a vida de fadiga logarítmica da i-ésima amostra soldada sob o nível de tensão de teste,  $J$ , e  $u_{p_i}$  é o deslocamento normal padrão quando o nível de confiabilidade é  $P_i$ ; e if  $|r_j| > r_{\min}$  se, indica que o deslocamento normal padrão está linearmente relacionado à vida de fadiga logarítmica sob o nível de confiabilidade  $P_i$ .

5. Método de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo** fato de que a fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de tensão de teste  $P_i$  quando o nível de confiabilidade está sendo linearmente relacionado aos níveis de tensão logarítmica são determinados usando o seguinte método: calcular um coeficiente de correlação  $r_{p_i}$  entre a vida de fadiga logarítmica e o nível de tensão logarítmica quando a confiabilidade é  $P_i$ :

$$r_{p_i} = \frac{\sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \lg N_j - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j) \sum_{j=1}^m (\lg N_j)}{\sqrt{\left( \sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j)^2 - \frac{1}{m} \left( \sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \right)^2 \right) \left( \sum_{j=1}^m (\lg N_j)^2 - \frac{1}{m} \left( \sum_{j=1}^m \lg N_j \right)^2 \right)}}$$

onde  $\sigma_j$  é um valor de estresse quando o nível de estresse é  $j$ , e  $N_j$ , e é a vida de fadiga logarítmica quando o nível de estresse é e a confiabilidade é  $p_i$ ; e if  $|r_{p_i}| > r_{\min}$  indica que a fadiga logarítmica vive sob diferentes níveis de estresse de teste quando o nível de confiabilidade  $p_i$  está linearmente relacionado aos níveis de estresse logarítmico.

6. Método de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo** fato de que uma fórmula de cálculo para as inclinações sob diferentes confiabilidades é:

$$b_{p_i} = \frac{\sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \lg N_j - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j) \sum_{j=1}^m (\lg N_j)}{\sum_{j=1}^m (\lg \sigma_j)^2 - \frac{1}{m} \left( \sum_{j=1}^m \lg \sigma_j \right)^2}$$

uma fórmula de cálculo para as intercepções sob diferentes confiabilidades é:

$$a_{p_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (\lg N_j) - \frac{b_{p_i}}{m} \sum_{j=1}^m \lg \sigma_j$$

uma expressão das curvas SN correspondentes a diferentes níveis de confiabilidade é:

$$\lg N_{p_i} = a_{p_i} + b_{p_i} \lg \sigma_j$$

onde  $N_j$  é a vida de fadiga quando o nível de estresse é  $j$  e a confiabilidade é  $p_i$ ,  $\sigma_j$ , é o valor de estresse quando o nível de estresse é  $j$ ,  $m$ , é o número dos níveis de estresse,  $a_{p_i}$  é a interceptação da curva SN quando a confiabilidade é  $p_i$ ,  $b_{p_i}$  é a inclinação quando a confiabilidade é  $p_i$ , e  $N_{p_i}$  indica que a fadiga vive sob diferentes níveis de estresse quando a confiabilidade é  $p_i$ .

7. Método de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que determinar se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes é especificamente: calcular o número mínimo de amostras soldadas necessárias em cada nível de tensão de teste, e se o número de amostras soldadas em cada nível de tensão de teste for menor que o número mínimo calculado de amostras soldadas, aumentando o número de amostras soldadas sob o nível de tensão até o número de amostras soldadas sob cada nível de tensão é maior do que o número mínimo calculado de amostras soldadas.

8. Método de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo** fato de que uma fórmula de cálculo para o número mínimo de amostras soldadas é:

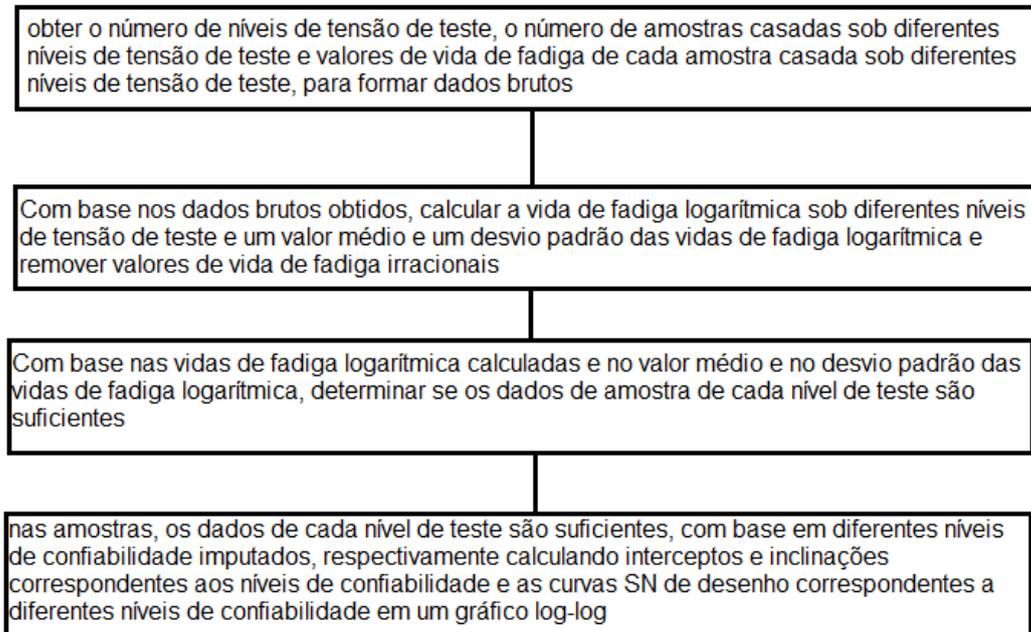
$$\frac{\delta_{\max}}{t_r \sqrt{1/n_j + u_{p_i}^2 (k^2 - 1)} - \delta_{\max} u_{p_i} k} \geq \frac{s_{x_j}}{x_j}$$

onde  $\delta_{\max}$  é um limite de erro,  $n_j$  é o número de amostras necessárias quando o nível de tensão é  $j$ ,  $t_r$  é um valor de distribuição t,  $s_{x_j}$  é o desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica sob o nível de tensão,  $\bar{x}_j$  é o valor médio das vidas de fadiga logarítmica de soldadas amostras  $i$  sob o nível de estresse é o deslocamento normal padrão quando o nível de confiabilidade é  $j$ ,  $u_{p_i}$  e  $P_i$  e  $k$  é um coeficiente de correção de desvio padrão.

9. Aparelho de determinação de curva P\_S\_N para uma junta soldada, **caracterizado pelo** fato de que compreende: um módulo de obtenção, configurado para obter o número de níveis de tensão de teste, o número de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste e valores de vida de fadiga de cada amostra soldada sob diferentes níveis de tensão de teste, para formar dados brutos; um módulo de cálculo, configurado para calcular, com base nos dados brutos obtidos, vidas de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste e um valor médio e um desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica e remover valores de vida de fadiga irracionais; um módulo de determinação, configurado para determinar, com base nas vidas de fadiga logarítmica calculadas e o valor médio e o desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica, se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes; e um módulo de determinação de curva, configurado para calcular, respectivamente, se os dados de amostra de cada nível de teste forem suficientes, com base em diferentes níveis de confiabilidade inseridos, interceptos e inclinações correspondentes aos níveis de confiabilidade e, em seguida, desenhar curvas SN correspondentes a diferentes níveis de confiabilidade em um gráfico log-log, para completar a determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada.

10. Um sistema de determinação de curva P\_S\_N para uma junta soldada, compreendendo um processador e um meio de armazenamento, em que o meio de armazenamento é configurado para armazenar instruções; e o

processador é configurado para operar de acordo com as instruções para executar as etapas do método de qualquer uma das reivindicações 1 a 8.

**FIGURA 1**

## RESUMO

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA CURVA P\_S\_N, APARELHO E SISTEMA  
PARA JUNTA SOLDADA

A presente invenção divulga um método e sistema de determinação da curva P\_S\_N para uma junta soldada. O método inclui: obter o número de níveis de tensão de teste, o número de amostras soldadas sob diferentes níveis de tensão de teste e valores de vida à fadiga de cada amostra soldada sob diferentes níveis de tensão de teste; calcular vidas de fadiga logarítmica sob diferentes níveis de tensão de teste e um valor médio e um desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica; com base nas vidas de fadiga logarítmicas calculadas e no valor médio e no desvio padrão das vidas de fadiga logarítmica, determinando se os dados de amostra de cada nível de teste são suficientes; e com base em diferentes níveis de confiabilidade inseridos, desenhando uma curva P\_S\_N. A presente invenção leva em consideração a influência de um nível de qualidade de soldagem nos dados de fadiga de soldagem e tem uma pequena dispersão da vida à fadiga da costura soldada. Diferentes tipos de tensão de amostras de fadiga soldada são calculados usando um método de elementos finitos. Curvas SN de diferentes níveis de confiabilidade são ajustadas para obter uma curva P\_S\_N com uma alta taxa de sobrevivência e alta confiança, para uso direto no projeto de produtos de máquinas de engenharia e estimativa de vida útil. A carga de trabalho e os custos dos testes de fadiga são reduzidos.