



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0608366-8 B1

(22) Data do Depósito: 03/03/2006

(45) Data de Concessão: 28/04/2020



(54) Título: EIXO COM CENTRO DESLOCADO E MÉTODO PARA SUA PRODUÇÃO

(51) Int.Cl.: B60B 35/06; B60G 9/00.

(30) Prioridade Unionista: 04/03/2005 US 60/658.994.

(73) Titular(es): HENDRICKSON INTERNATIONAL CORPORATION.

(72) Inventor(es): GREG COPELAND; MATTHEW VANMETER; R. SCOTT FULTON.

(86) Pedido PCT: PCT US2006007775 de 03/03/2006

(87) Publicação PCT: WO 2006/096573 de 14/09/2006

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/08/2007

(57) Resumo: EIXO COM CENTRO ELEVADO E PROCESSO PARA SUA FORMAÇÃO. Um eixo com centro elevado formado a frio para um veículo pesado inclui um tubo central possuindo um par de extremidades, um par de fusos ligados às extremidades do tubo central e uma espessura de parede de cerca de 12,7 mm a cerca de 15,9 mm (0,500 a 0,625 in). Uma elevação é formada na parte central do tubo e inclui tensões compressivas residuais em sua parte inferior quando o eixo está em uma posição de serviço. Um método para formar o eixo com centro elevado inclui as etapas de prover um eixo substancialmente reto, inserir o eixo em uma prensa, sobre formar uma elevação no eixo em uma direção tal que camber seja induzido no eixo, e conformar o eixo em uma segunda direção, desse modo removendo o camber e substituindo um estado prejudicial de tensão residual na parte elevada do eixo por um estado benéfico de tensão residual.

"EIXO COM CENTRO DESLOCADO E MÉTODO PARA SUA PRODUÇÃO"

Referência Cruzada a Pedido Correlacionado

O presente pedido reivindica a prioridade do Pedido Provisório de Patente U.S. Nº de Série 60/658 994, depositado em 4 de março de 2005.

Embasamento da Invenção

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção está relacionada a técnica de eixos para veículos. Mais particularmente, a invenção diz respeito à técnica de eixos com centro deslocado para veículos pesados, tais como carretas, conjuntos de cavalo mecânico / reboque e caminhões convencionais, bem como a processos para a produção de tais eixos.

TÉCNICA DE EMBASAMENTO

Os veículos de serviço pesado, tais como carretas e conjuntos cavalo / reboque e caminhões convencionais, incluem tipicamente múltiplos eixos que estão longitudinalmente espaçados ao longo do veículo para promover a estabilidade de movimento. Cada eixo inclui usualmente um tubo central e pares de pontas de eixo. Os eixos são montados sobre extremidades opostas do tubo central e se estendem para fora a partir do mesmo. As rodas do veículo são rotacionalmente montadas sobre os eixos e um sistema de suspensão de braço de fuga ou de ataque conecta cada eixo ao chassi ou quadro do veículo. O sistema de suspensão e o eixo são frequentemente designados em conjunto como um sistema de eixo e suspensão. Para maior conveniência será feita aqui referência

apenas aos eixos, devendo ficar claro que tais eixos são utilizados em um sistema de suspensão / eixo de veículo pesado.

5 Certos tipos de veículos pesados, tais como carretas tanque de descarga traseira, utilizam frequentemente um eixo em que o tubo central inclui uma porção central que está arqueada para cima. Tais eixos são conhecidos na área como eixos de centro deslocado e a porção arqueada para cima é designada como uma dobra, corcova ou elevação. Quando o eixo
10 de centro deslocado está em uma posição de serviço, a elevação fica acima do restante do eixo ou de suas partes não arqueadas dispostas na horizontal. Isto contrasta com um eixo de centro rebaixado, em que o tubo central do eixo inclui uma elevação que fica abaixo do restante do eixo quando o
15 eixo está em uma posição de serviço. Na técnica anterior, os processos associados à produção da elevação para um eixo de centro deslocado demandavam o uso de uma parede espessa para o tubo central, tal como de cerca de 19 mm (0,750 in) ou mais.

20 Como exemplo, os processos de conformação a frio da técnica anterior usados para a fabricação de um eixo de centro deslocado envolvem um processo de dobramento com uma única descida de deformação efetuado por uma matriz hidráulica. Em tal processo, um eixo possuindo um tubo central re-
25 to é inserido na prensa e um punção acionado pela prensa deforma a parte central do tubo, dobrando a parte central do tubo em um único movimento para formar a elevação. No entanto, tal processo de deformação único produz tensões residu-

ais na seção reta do eixo que são prejudiciais para o eixo quando ele está sob carga nas condições de serviço. Isto é, uma vez que a elevação do eixo de centro deslocado fica acima do restante do eixo em uma posição de serviço, a "sobrecarga" do tubo central causada pela prensa ao formar a elevação produz tensões compressivas na parte inferior da elevação. No entanto, após o punção se retrair uma vez dobrado o tubo central para produção da elevação, ocorre uma pequena quantidade de recuperação elástica na região deformada do tubo. Tal recuperação produz um estado de tensão elástica residual na parte inferior da elevação do eixo, que se combina às forças de carga experimentadas pelo eixo quando ele está em serviço que tendem a flexionar a elevação e a criar tensões elásticas adicionais na parte inferior da elevação do eixo. Tal combinação de tensões elásticas induzidas por carga e tensões elásticas residuais no eixo na parte inferior da elevação tem o potencial de produzir uma falha prematura do eixo.

O efeito do estado da tensão elástica residual na parte inferior da elevação do eixo de centro deslocado contrasta com o efeito do mesmo estado de tensão residual em um eixo de centro rebaixado. Mais particularmente, um eixo de centro rebaixado inclui o mesmo estado de tensão elástica residual no mesmo local que o eixo de centro deslocado, todavia a orientação invertida do eixo de centro rebaixado leva as condições de serviço sob carga a produzir tensões compressivas que equilibram ou compensam as tensões elásticas residuais. Tal contraste constitui o princípio de que uma

sobre carga aplicada uma única vez para conformar um eixo de tubo produz tensões residuais que são favoráveis à carga subsequente na mesma direção, enquanto essas mesmas tensões residuais são prejudiciais à carga subsequente na direção oposta.

Para compensar as tensões residuais que contribuem para a potencial falha prematura de eixos de centro deslocado que são conformados a frio de acordo com processos da técnica anterior, os eixos incluem grandes espessuras de parede, da ordem de cerca de 19 mm (0,750 in). No entanto, mesmo com tais elevadas espessuras de parede, tais eixos de centro deslocado da técnica anterior estão ainda potencialmente suscetíveis a uma falha estrutural prematura. Foram tentados processos de tratamento após a conformação em uma tentativa de reduzir tais tensões residuais indesejáveis nos eixos de centro deslocado da técnica anterior, tal como por jateamento por esferas ou jateamento por agulhas do eixo. No entanto, a adição de tais processos de tratamento pós-conformação eleva indesejavelmente o tempo e custo para a produção de um eixo de centro deslocado. Além disso, os tratamentos de superfície, tais como aqueles acima mencionados não melhoram significativamente a resistência estática do eixo, a qual é severamente reduzida pelas tensões residuais provenientes da conformação a frio.

Outros processos para produção de eixos de centro deslocado da técnica anterior incluem a conformação a quente da elevação. A conformação a quente reduz as tensões residuais, porém requer uma grande espessura de parede para manter

a capacidade de dobragem do tubo central do eixo para formar a elevação, mantendo porém a integridade estrutural. Dessa forma, é, novamente, requerida uma espessura de parede do tubo do eixo de cerca de 19 mm (0,750 in). A con-
5 formação a quente é também tipicamente mais custosa do que a conformação a frio, em parte devido ao tempo, energia e equipamentos adicionais associados ao aquecimento do eixo para a conformação. Como consequência, os eixos de centro deslocado que são conformados a quente tendem a ser mais ca-
10 ros do que aqueles que são conformados a frio, requerendo ainda maiores espessuras de parede, o que introduz um peso desnecessário ao eixo.

As grandes espessuras de parede necessárias para eixos de centro deslocado formados de acordo com os proces-
15 sos da técnica anterior são indesejáveis, uma vez que grandes espessuras de parede aumentam a quantidade, e portanto o custo, da matéria prima necessária para o eixo. Além disso, uma grande espessura de parede aumenta o peso do eixo, o que contribui indesejavelmente para um menor peso da carga útil
20 para o veículo em que o eixo for incorporado.

O documento WO 91/17898 descreve uma viga de eixo para suportar rodas não acionadas e tendo uma curva decrescente no centro, proporcionando espaço para um eixo de acionamento. Pode ser tubular com uma espessura de parede de
25 cerca de 16 mm. Pode ser formado dobrando a frio um tubo reto na forma descrita.

US-A-3966260 descreve um eixo não acionado compreendendo uma seção de viga na qual pelo menos uma porção foi

deformada plasticamente para deixar tensões residuais que são pelo menos parcialmente neutralizadas pelas cargas de operação. O eixo descrito é uma viga I sólida quente, forjado para uma configuração curva e depois deformado plasticamente para a configuração final, tendo a tensão elástica residual na parte superior e a tensão compressiva na parte inferior.

Dessa forma, existe uma demanda na área por um eixo de centro deslocado que supere os problemas da técnica anterior por ser formado de modo econômico, reduzindo concomitantemente as tensões residuais indesejáveis e a espessura da parede e mantendo ou melhorando as propriedades físicas apresentadas pelos eixos de centro deslocado da técnica anterior. Existe também uma demanda na área por um processo para formar economicamente tal eixo de centro deslocado. A presente invenção proporciona tal eixo de centro deslocado e um método para a produção do mesmo.

Um objetivo da presente invenção consiste em prover um eixo de centro deslocado que substitui um estado de tensão residual prejudicial na parte elevada do eixo por um estado de tensão residual benéfico.

Outro objetivo da presente invenção consiste em prover um eixo de centro deslocado que possui uma espessura de parede reduzida.

Mais outro objetivo da presente invenção consiste em prover um eixo de centro deslocado que apresenta propriedades físicas que são comparáveis ou melhores que aquelas de eixos de centro deslocado da técnica anterior.

Mais outro objetivo da presente invenção consiste em prover um método para a produção econômica de um eixo de centro deslocado possuindo tensões residuais benéficas e uma espessura de parede reduzida, porém propriedades físicas comparáveis ou melhores em comparação a eixos de centro deslocado da técnica anterior.

Tais objetivos e outros são atingidos pelo eixo de centro deslocado conformado a frio para um veículo de serviço pesado da presente invenção, cuja natureza geral pode ser descrita como incluindo um tubo central possuindo um par de extremidades e uma espessura de parede de cerca de 12,7 mm a cerca de 15,9 mm (0,500 a 0,625 in). Cada um de um par de eixos é ligado a uma respectiva extremidade das extremidades do tubo central. Uma elevação é conformada a frio no tubo central entre as extremidades e a elevação se estende de um modo geral para cima quando o eixo está em uma posição de serviço. A parte inferior da elevação na posição de serviço apresenta tensões compressivas residuais.

Tais objetivos e outros são também obtidos pelo método para produção a frio de um eixo de centro deslocado de um veículo para serviço pesado da presente invenção, o qual inclui as etapas para obter um eixo substancialmente reto e inserção do eixo em uma matriz. Uma pré-curvatura que é produzida em uma primeira etapa com o punção, produzindo uma curvatura no eixo. Posteriormente, o eixo é deformado numa segunda etapa com o punção para completar a curvatura, substituindo simultaneamente as tensões residuais prejudici-

ais na parte elevada do eixo em uma posição de serviço por tensões residuais benéficas.

Breve Descrição das Diversas Vistas dos Desenhos

A forma de materialização preferida da invenção, pormenorizada do melhor modo pelo qual os requerentes consideram a aplicação dos princípios da invenção, é apresentada na descrição que se segue e é mostrada nos desenhos e é particularmente e distintamente apontadas e estabelecidas nas reivindicações.

10 A Figura 1 é uma vista esquemática em corte frontal de um eixo posicionado em uma prensa antes da produção de centro deslocado, com a seção em corte da prensa representada por hachuras e a parte invisível do eixo representada por linhas tracejadas;

15 A Figura 2 é um vista semelhante à FIG. 1, mas mostrando a posição do punção e a forma alterada do eixo depois de uma primeira etapa da operação de deformação do centro deslocado da presente invenção ter sido concluída;

A Figura 3 é uma vista semelhante às FIGS. 1 e 2, 20 mas mostrando a posição do punção, calços e blocos de ressalto em preparação para uma segunda etapa da operação de deformação de centro deslocado do eixo do presente invento; A Figura 4 é uma vista semelhante às FIGS. 1-3, mas mostrando a posição final do punção e a forma alterada do eixo após a 25 segunda etapa da operação de deformação do centro deslocado do presente invento; e

A Figura. 5 é uma vista frontal do eixo central deslocado do presente invento em uma posição de serviço, com

as partes invisíveis representadas por linhas tracejadas. Referências numéricas similares dizem respeito a peças e/ou detalhes similares em todos os desenhos.

Descrição Detalhada da Invenção

- 5 Fazendo agora referência às Figuras, em que as ilustrações são fornecidas para apresentar uma modalidade preferida da invenção e não para limitar a mesma, um eixo a ser conformado em um eixo de centro deslocado é apresentado nas Figuras 1 a 3 e está indicado de um modo geral por 10.
- 10 Fazendo agora particular referência à Figura 1, o eixo (10) inclui um tubo central (12) que possui um par de extremidades (14). Cada um de um par de eixos (18) está montado em um respectiva extremidade dentre as extremidades (14) do tubo central (12).
- 15 Para produzir de acordo com o método da presente invenção, o eixo (10) é colocado numa prensa (20), que inclui uma mesa de prensa superior (22) e uma mesa de prensa inferior (24). Um punção (26) é fixado a mesa de prensa superior (22) e se estende para baixo a partir do mesmo, de
- 20 preferência no centro da mesa de prensa, como indicado pela linha central "C". Um par de blocos como ressaltos inferiores (28) são fixadas a mesa de prensa inferior (24) e se estendem para cima a partir do mesmo, e os blocos estão espaçados uns dos outros a uma distância "d" com cada um dos
- 25 blocos sendo equidistante de a linha central "C". O punção (26) inclui uma altura "Ph" e uma largura "Pw" que cooperam com uma altura "Bh" dos blocos como ressaltos inferiores (28) e a distância "d" para produzir as dimensões de dobra

desejadas no tubo central (12) para que a curvatura seja formada, o punção "26" inclui uma superfície inferior curva-
da "30" e cada bloco como ressaltos inferior "28" inclui uma
superfície superior "32" abaulada que proporciona uma curva-
5 tura desejada na curvatura a ser deformada. Opcionalmente,
os blocos de como ressalto inferiores "28" podem incluir um
canal superior (não mostrado) que recebe o tubo central
(12), permitindo assim que os blocos mantenham o eixo (10)
no lugar. Cada um de um par de blocos como ressalto superio-
10 res (42) é fixado a uma respectiva das extremidades (14) do
tubo central(12) adjacente a cada ponta de eixo (18) por um
meio bem conhecido na técnica, sendo cada bloco equidistante
da linha central "C" e tendo uma altura "SBh" para produzir
as dimensões de dobra desejadas no tubo central (12) e, em
15 particular, para controlar a sobrecarga do eixo durante a
primeira etapa de deformação, como será descrito em detalhe
abaixo .

Fazendo ainda referência à Figura 1, um ponto cen-
tral transversal (34) do eixo (10) é alinhado com a linha de
20 centro vertical "C" da prensa (20) e o eixo é virado ou gi-
rado radialmente para orientá-lo e assegurar que a elevação
seja formada na direção desejada. Mais particularmente, cer-
tos elementos e componentes (não são mostrados) para monta-
gem do eixo (10) já estão de preferência montados ou ligados
25 no eixo, de forma que o eixo deva ser orientado de acordo
com a sua posição de serviço. Por conveniência, a prensa
(20) é mostrada com a mesa de prensa superior (22) como a
mesa de prensa móvel, e a mesa de prensa inferior (24) como

a mesa de prensa estacionária. Em operação, o eixo (10) irá incluir uma parte inferior (36) e uma parte superior (38) (ver Figuras 2 a 5). Portanto, durante a conformação, a elevação será formada em uma direção para baixo, resultando em que a parte inferior (36) do eixo (10) ficara orientada para cima na prensa (20), enquanto a parte superior (38) ficará orientada para baixo. Alternativamente, podem ser utilizados outros tipos de prensa (20). Como exemplo, a prensa (20) pode incluir uma mesa de prensa inferior que é a mesa de prensa móvel, enquanto uma mesa de prensa superior fica estacionária. Em tal caso, as orientações das partes superior (36) e inferior (38) do eixo (10) são apropriadamente invertidas. É importante notar que quando o eixo (10) é colocado na prensa (20), uma linha de centro longitudinal Lc de eixos (18) fica de um modo geral horizontal.

Fazendo agora referência à Figura 2, a mesa de prensa superior (22) da prensa (20) se movimenta para baixo, tal como indicado pelas setas D para sobre-conformar o eixo (10). Isto é, o movimento da mesa de prensa superior (22) leva o punção (26) a deformar o tubo central (12) com força suficiente para formar uma corcova ou elevação (40) e flexionando e dobrando o tubo central (12), tal como mostrado pelo ângulo α . O ângulo α é conhecido pelos técnicos na área como o arqueamento, o qual é o ângulo da linha de centro longitudinal do eixo Lc em relação à horizontal H. Os blocos de anteparo superiores (42) entram em contato com a mesa de prensa superior (22) durante esta primeira etapa no processo

de conformação, limitando dessa forma o ângulo α e controlando a curvatura do tubo central.

Nos processos de produção de eixos de centro deslocado da técnica anterior, a meta era a de se obter um camber α de zero grau em uma única operação de produção de modo a permitir que as rodas (não são mostradas) que serão montadas sobre os eixos (18) se movimentem de modo uniforme durante a operação do veículo. Para eixos de centro rebaixado, tal operação única de conformação produz tensões residuais desejáveis, pois tais tensões são favoráveis à subsequente carga na mesma direção durante a operação do veículo, de forma que apenas uma deformação é efetuado, com o camber α resultante de aproximadamente zero grau. No entanto, no processo de produção de eixo de centro deslocado da presente invenção, a primeira operação de conformação é uma operação de pré-deformação, produzindo um certo grau de camber α positivo, tal como em uma faixa de cerca de 0,250 a cerca de 1,000 grau e de preferência em uma faixa de cerca de 0,375 a cerca de 0,500 grau. Uma vez que a mesa de prensa superior (22) e o punção (26) são retraídos após a primeira operação de deformação, o eixo (10) experimenta algum efeito mola, criando tensão elástica de tração residual na porção inferior (36) da curvatura (40).

Fazendo agora referência à Figura 3, de preferência sem remover o eixo (10) da prensa (20), cada uma de um par de cunhas ou calços (43) é ligada ao topo de um respectivo bloco dentre os blocos de ressalto superiores (42). As cunhas (43) e os blocos de ressalto (42), em conjunto, pos-

suem uma altura Sh que permite que a mesa de prensa superior (22) da prensa (20) entre em contato com a superfície superior das cunhas sem que o punção (26) entre em contato com o eixo (10) quando da reativação da prensa (20). A mesa de prensa superior (22) se movimenta tal como indicado pelas setas D e deforma as cunhas (43) com força suficiente para dobrar as extremidades (14) do tubo central para baixo, tal como mostrado na Figura 4, enquanto os blocos de anteparo (28) sustentam o tubo central (12). Dessa forma, uma segunda operação de conformação dobra as extremidades (14) do tubo central, mais ou menos uma tolerância pequena o suficiente para assegurar a operação bem sucedida em serviço e para minimizar o desgaste dos pneus e similares. Na segunda operação de conformação, a mesa de prensa superior (22) se movimenta por uma extensão suficiente para levar o eixo (10) a ceder o suficiente para que os eixos (18) fiquem dispostos em paralelo à horizontal H após do retorno elástico do eixo quando a mesa de prensa superior se retrai.

Esta segunda operação de conformação, que constitui uma operação de pós-conformação após a produção inicial da elevação / curvatura (40), sem contato pelo punção (26), leva o eixo (10) a ceder, o que inverte o momento de curvatura na porção central do eixo. Este ceder da parte central do eixo (10) induz tensões residuais que, essencialmente, invertem as tensões elásticas residuais na parte inferior (36) da elevação (40) causadas pela primeira operação de conformação (Figura 2), criando desse modo tensões compressivas residuais desejáveis na parte inferior da elevação,

que são favoráveis à carga em serviço para um eixo de centro deslocado. Tal estado de tensão residual favorável resulta em melhor resistência estática e melhor vida útil antes da fadiga, tal como será descrito em detalhes mais adiante.

5 Fazendo agora referência à Figura 5, o eixo de centro deslocado conformato da presente invenção está indicado de um modo geral por (44) e é apresentado em uma posição operacional ou de serviço. O eixo de centro deslocado (44) apresenta propriedades físicas e características que
10 são aperfeiçoadas em relação aos eixos de centro deslocado da técnica anterior. Como exemplo, o eixo de centro deslocado (44) inclui uma espessura de parede t em uma faixa de cerca de 12,7 mm a cerca de 15,9 mm (0,500 a 0,625 in), em comparação aos eixos de centro deslocado da técnica anterior,
15 or, que possuem uma espessura de parede de cerca de 19 mm (0,750 in). Além disso, mesmo com a espessura de parede t mais delgada, o eixo de centro deslocado (44) apresenta vida útil mais longa e melhor desempenho em comparação a eixos de centro deslocado da técnica anterior em cargas nominais antecipadas típicas, conforme demonstram os testes que se se-
20 guem. Cada teste foi conduzido usando-se uma carga nominal de cerca de 10.430 kg (23.000 lb), a qual constitui uma carga nominal típica para um eixo de centro deslocado para serviço padrão e é a carga nominal tencionada para o eixo de
25 centro deslocado (44) da presente invenção.

Foi efetuado um teste de fadiga sob carga vertical, em que um eixo de centro deslocado (44) de amostra de acordo com a presente invenção, a amostra possuindo espessu-

ra de parede t de cerca de 15,9 mm (0,625 in), foi colocada sob uma carga cíclica para determinar o número de ciclos de carga que levariam o eixo a apresentar rachaduras através de sua parede de tubo externa. Mais particularmente, o eixo de centro deslocado (44) e um típico eixo de centro deslocado da técnica anterior, o eixo da técnica anterior possuindo uma espessura de parede de 19 mm (0,750 in), foram, cada um, submetidos ciclicamente a carga nos eixos 18 com até cerca de 10.430 kg (23.000 lb) por eixo, ou cerca de 20.870 kg (46.000 lb) totais, até que cada eixo rachasse através de sua parede externa. O eixo de centro deslocado (44) da presente invenção rachou até sua parede externa do tubo após 104.200 ciclos em média, durando uma média de 40 % a mais do que a amostra representativa mais durável do eixo de centro deslocado da técnica anterior, o qual rachou até sua parede de tubo externa após aproximadamente 74.000 ciclos, demonstrando uma melhoria marcante em relação à técnica anterior apesar de possuir uma espessura de parede reduzida. Vale notar que a amostra representativa mais durável do eixo de centro deslocado (44) da presente invenção rachou até a sua parede externa após cerca de 116.000 ciclos.

Foi também efetuado um teste de carga estática vertical, em que uma amostra de um eixo de centro deslocado (44) da presente invenção, a amostra possuindo uma espessura de parede t de cerca de 15,9 mm (0,625 in), foi colocada sob carga com peso crescente, carregando-se cada eixo (18) de modo a simular características de carga de serviço, até que o eixo cedesse, medindo-se desse modo a resistência do eixo.

Para comparação, um eixo reto possuindo uma capacidade de carga nominal de 10.430 kg (23.000 lb), que é aquele tipicamente esperado pelos técnicos na área como sendo mais resistente do que um eixo de centro deslocado, foi colocado sob
5 carga nas mesmas condições que o eixo de centro deslocado (44) da presente invenção. O eixo de centro deslocado (44) da presente invenção não apresentou qualquer deformação permanente sob uma carga de cerca de 31.300 kg (69.000 lb), ou cerca de 15.650 kg (34.500 lb) por eixo 18, e pequena porém
10 conclusiva deformação sob uma carga de cerca de 36.510 kg (80.500 lb) totais, ou cerca de 18.260 kg (40.250 lb) por eixo. O eixo reto não apresentou qualquer deformação permanente sob uma carga de cerca de 20.870 kg (46.000 lb), ou cerca de 10.430 kg (23.000 lb) por eixo, e pequena porém
15 conclusiva deformação sob uma carga de cerca de 31.300 kg (69.000 lb), ou cerca de 15.650 kg (34.500 lb) por eixo. Comparando-se as cargas no ponto de deformação pequena porém conclusiva, a qual é indicativa de cessão, o eixo de centro deslocado (44) da presente invenção é, inesperadamente, 16
20 por cento mais resistente do que o eixo reto de capacidade nominal de 10.430 kg (23.000 lb).

Dessa forma, o eixo de centro deslocado (44) da presente invenção apresenta vida útil mais longa e melhor resistência quando comparado aos eixos da técnica anterior.
25 O eixo de centro deslocado (44) é formado a frio através de dois processos, ou deformações, de conformação, em duas direções diferentes, propiciando desse modo tensões residuais favoráveis à elevação (40) do eixo. Tais tensões residuais

favoráveis permitem ao eixo de centro deslocado (44) possuir uma espessura de parede t que é menor do que aquela dos eixos de centro deslocado da técnica anterior, o que leva a economias de matérias primas e peso.

5 Dessa forma, o eixo de centro deslocado (44) é formado de modo econômico e resulta em melhores características e desempenho em relação aos eixos de centro deslocado da técnica anterior. Deve ser notado que certas etapas, a ordem de tais etapas e os equipamentos ou ferramental usados
10 para efetuar tais etapas, foram aqui descritos apenas como exemplo, não tencionando limitar o escopo da invenção. Como exemplo, a ordem e o número de etapas e/ou o tipo dos equipamentos utilizados para efetuar tais etapas, podem ser alterados ou ajustados sem afetar o conceito geral da inven-
15 ção.

Assim sendo, o eixo de centro deslocado e o método para a produção do mesmo, da presente invenção, é simplificado, propicia uma estrutura e um método eficazes, seguros, baratos e eficientes, que atingem todos os objetivos acima
20 mencionados, propiciam a eliminação de dificuldades encontradas com os eixos de centro deslocado da técnica anterior e processos para produção do mesmo, e solucionam problemas e obtêm novos resultados na área.

Na descrição acima, certos termos foram utilizados
25 para maior brevidade, clareza e compreensão, porém nenhuma limitação desnecessária deve ser presumida pelos mesmos além das exigências da técnica anterior, pois tais termos são

usados com finalidades de descrição e se destinam a ser considerados de forma ampla.

Além disso, a descrição e ilustração da invenção servem como exemplo e o escopo da invenção não fica limitado
5 aos detalhes exatos apresentados ou descritos.

Tendo sido descritas as características, constatações e princípios da invenção, a forma pela qual o eixo de centro deslocado é formado, disposto e utilizado, as características da produção e sua disposição, bem como as vanta-
10 gens, resultados novos e vantajosos obtidos; as novas e úteis etapas, estruturas, dispositivos, elementos, disposições, peças e combinações, são apresentados nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Eixo com centro deslocado (44) formado a frio para um veículo de serviço pesado, o dito eixo compreendendo:

5 um tubo central (12), incluindo um par de extremidades (14) e possuindo uma espessura de parede de cerca de 12,7 mm a cerca de 15,9 mm (0,500 a 0,625 in);

 um par de eixos (18), cada um de tais eixos estando ligado a uma respectiva extremidade dentre as extremida-
10 des do tubo central; e

 uma elevação (40) formada a frio no tubo central entre as extremidades do tubo central, a elevação se estendendo de um modo geral para cima quando o eixo está em uma posição de serviço,

15 **CARACTERIZADO** pelo fato de que

 uma região inferior (36) da elevação na posição de serviço apresenta tensões compressivas residuais.

2. Eixo com centro deslocado (44) formado a frio para um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a espessura de parede é de cerca de 14,2 mm a cerca de 15,9 mm (0,560 a 0,625 in).

3. Eixo com centro deslocado (44) formado a frio para um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o eixo apresenta de-
25 formação permanente em um teste de carga estática de deformação vertical sob uma carga total de cerca de 31.300 a cerca de 36.500 kg (69.000 a 80.500 lb).

4. Eixo com centro deslocado (44) formado a frio para um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o eixo possui uma capacidade de carga nominal de cerca de 10.430 kg (23.000 lb).

5. Eixo com centro deslocado (44) formado a frio para um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o eixo apresenta rachaduras por fadiga em um teste de fadiga com carga vertical em cerca de 75.000 a cerca de 116.000 ciclos quando sob carga de 10.430 kg (23.000 lb) por eixo de eixo (18).

6. Eixo com centro deslocado (44) formado a frio para um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o eixo apresenta rachaduras por fadiga em um teste de fadiga com carga vertical em uma média de cerca de 104.200 ciclos quando sob carga de 10.430 kg (23.000 lb) por eixo de eixo (18).

7. Eixo com centro deslocado (44) formado a frio para um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a produção a frio inclui uma primeira operação de produção, criando a elevação (40) e induzindo um camber no eixo, e uma segunda operação de produção removendo substancialmente o camber.

8. Método para produção a frio um eixo com centro deslocado (44) de um veículo de serviço pesado, o dito método compreendendo as etapas de:

prover um eixo substancialmente reto (10); e

inserir o eixo substancialmente reto em uma prensa (20);

CARACTERIZADO pelo fato de que

5 pré deformar uma elevação (40) no eixo em uma primeira direção por meio da prensa, de modo a produzir um camber no eixo; e

10 formar o eixo em uma segunda direção por meio da prensa, de modo a substancialmente remover o camber no eixo, sendo que são induzidas tensões compressivas residuais em uma região inferior (36) da elevação, a elevação se estendendo de um modo geral para cima quando em uma posição de serviço.

9. Método para produção a frio um eixo com centro deslocado (44) de um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o camber é um camber positivo em uma faixa de cerca de 0,250 graus a cerca de 1,000 graus.

10. Método para produção a frio um eixo com centro deslocado (44) de um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de pré deformar uma elevação (40) no eixo em uma primeira direção induz tensões elásticas residuais em uma região inferior (36) da elevação do eixo em uma posição de serviço após o retorno à posição do eixo, e a etapa de formar o eixo em uma segunda direção induz tensões compressivas residuais na região inferior da elevação após o retorno à posição do eixo.

11. Método para produção a frio um eixo com centro deslocado (44) de um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a direção de produção na etapa de pré deformar uma elevação (40) no eixo em uma primeira direção é, de um modo geral, oposta à direção de produção na etapa de formar o eixo em uma segunda direção.

12. Método para produção a frio um eixo com centro deslocado (44) de um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de pré deformar uma elevação(40) no eixo inclui manter o eixo na prensa (20) por meio de blocos de anteparo, e deformar o eixo com um punção operacionalmente conectado a uma mesa de prensa móvel (22) da prensa.

13. Eixo com centro deslocado (44) para um veículo de serviço pesado formado pelo processo da reivindicação 8.

14. Eixo com centro deslocado (44) para um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o eixo inclui um espessura de parede de cerca de 12,7 mm a cerca de 15,9 mm (0,500 a 0,625 in).

15. Método para produção a frio um eixo com centro deslocado (44) de um veículo de serviço pesado, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de formar o eixo em uma segunda direção inclui deformar um par de blocos de anteparo (42) e cunhas (43) que estão em contato com o eixo.

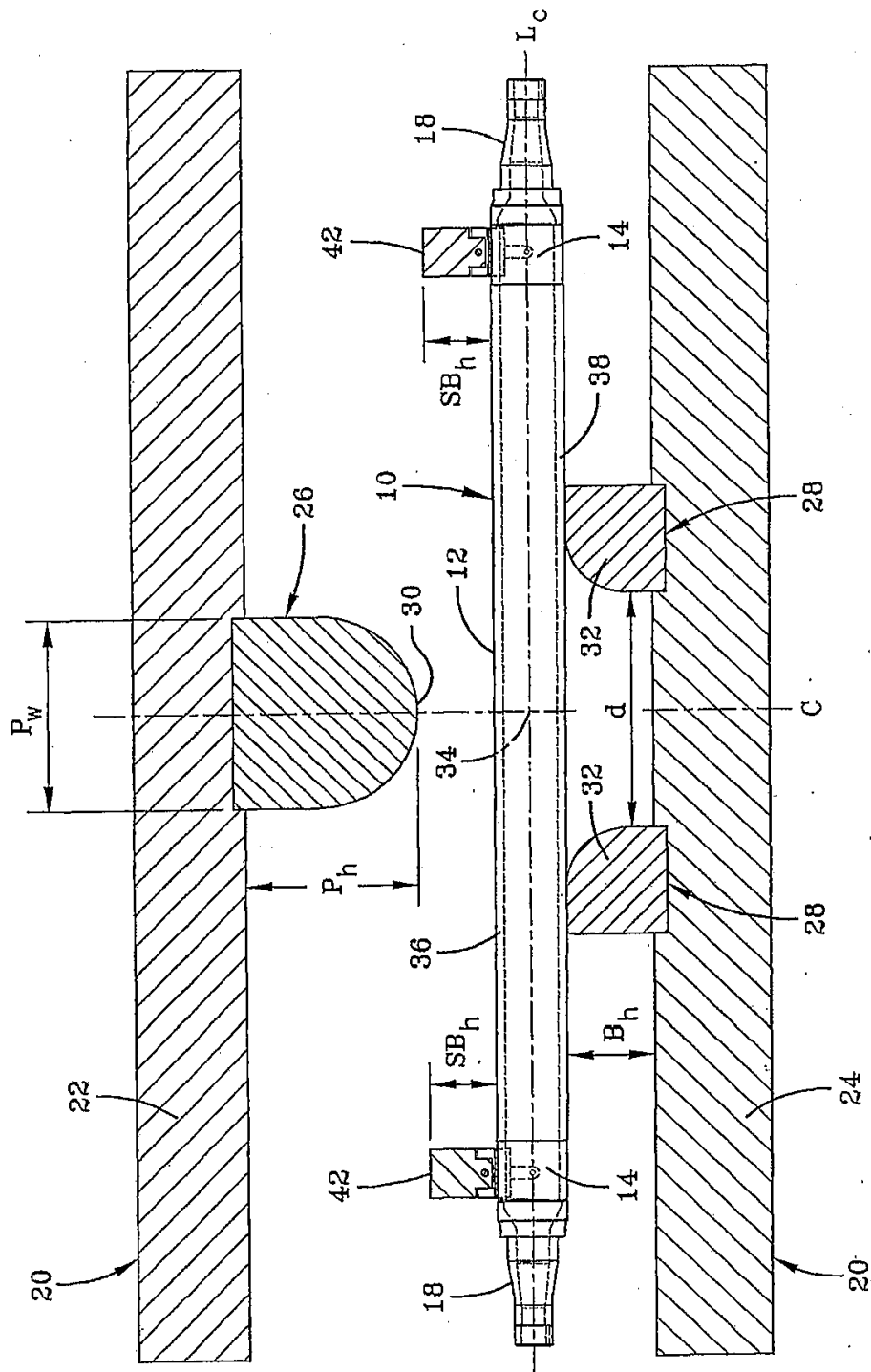


FIG-1

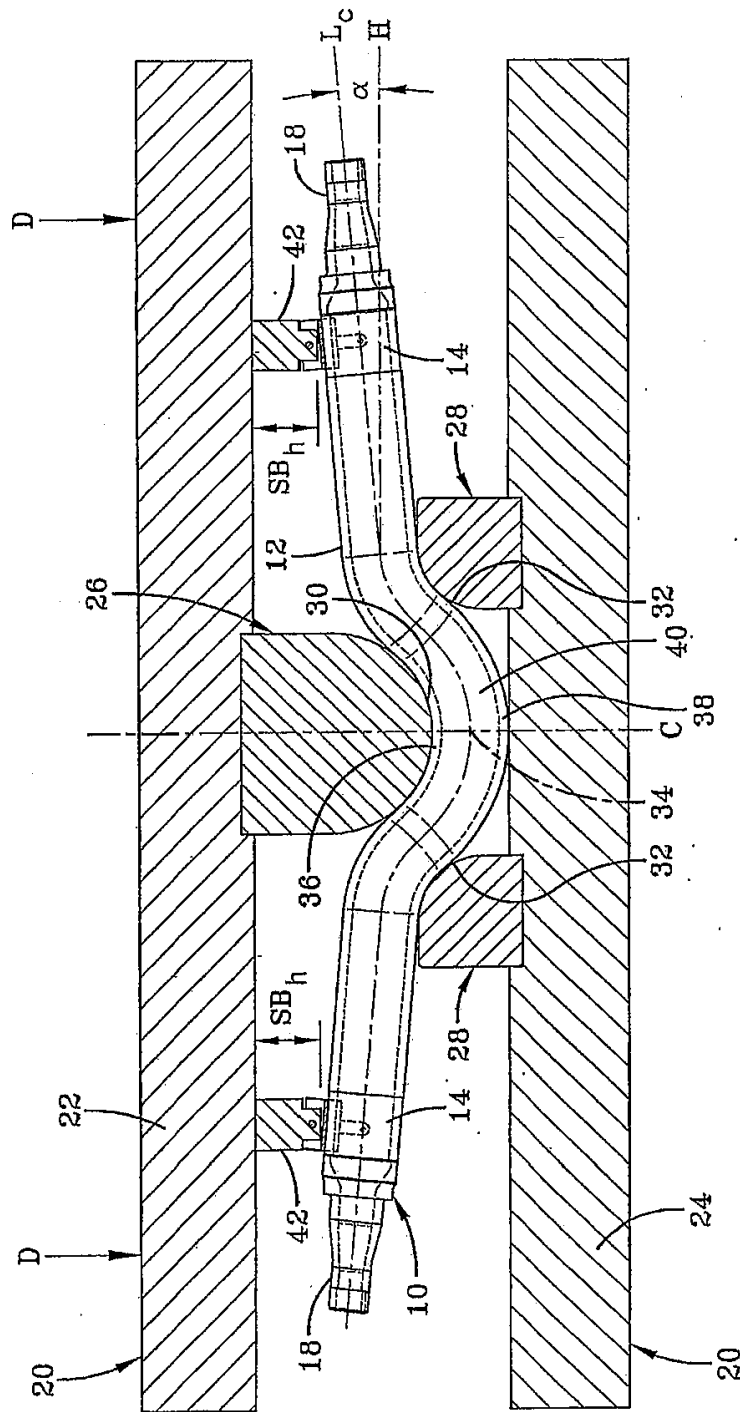


FIG-2

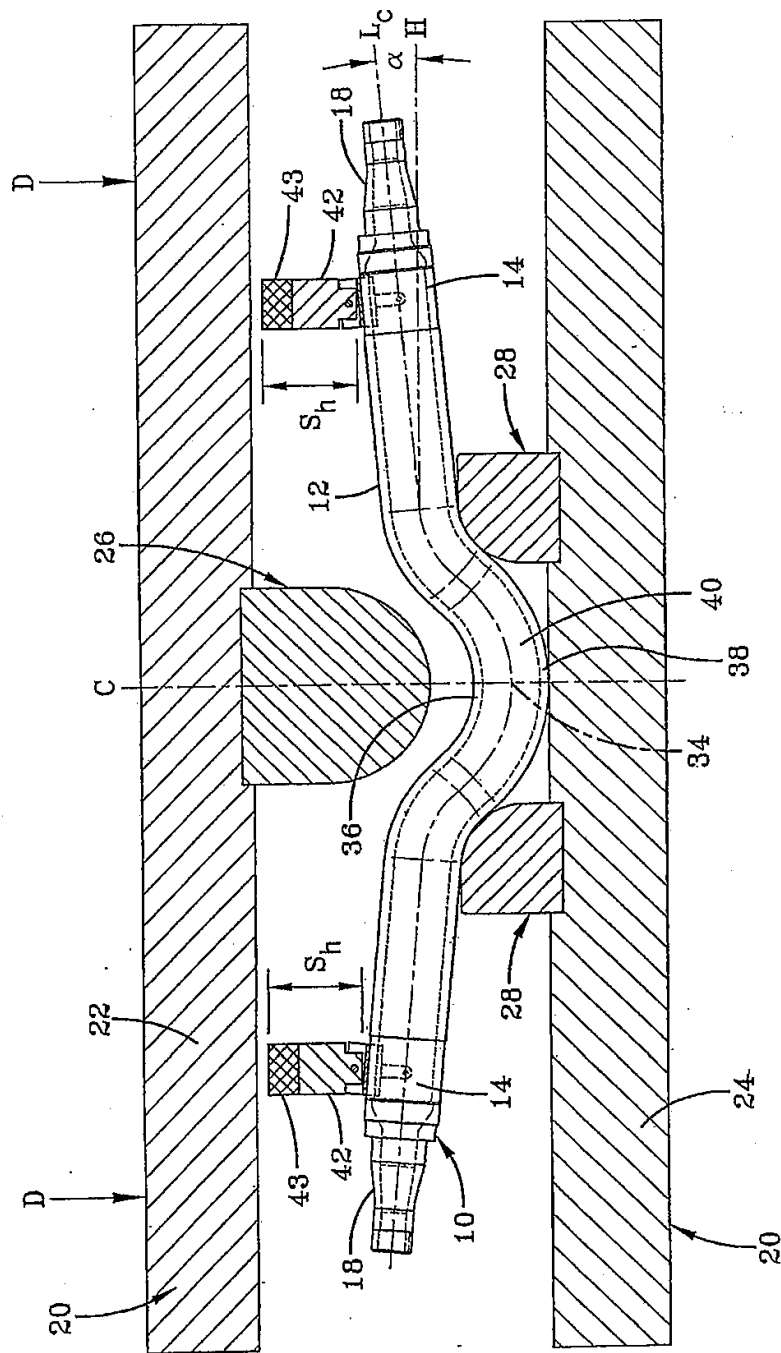


FIG-3

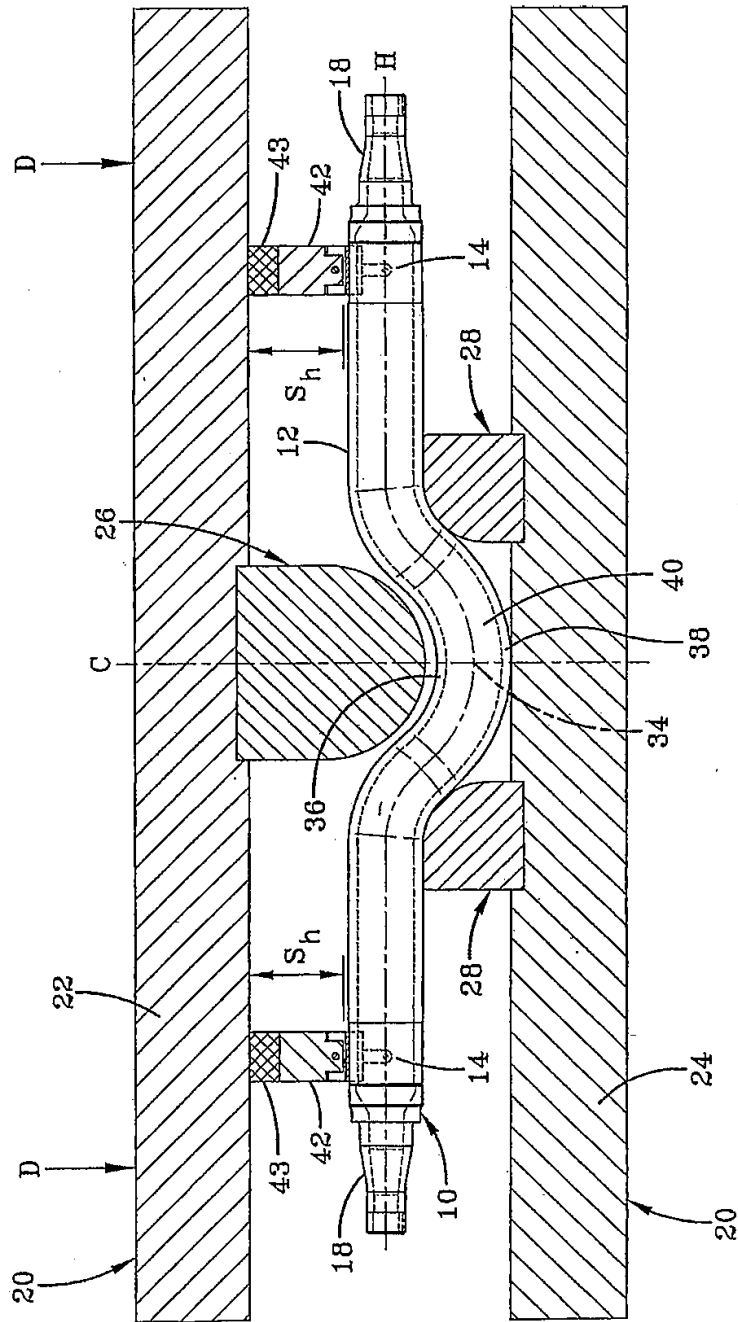


FIG-4

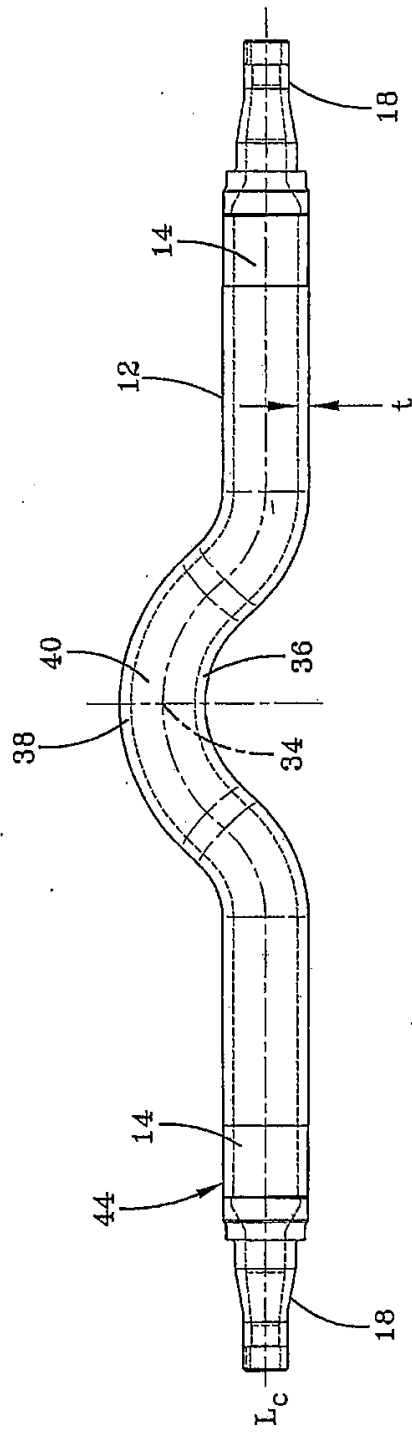


FIG-5