

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

(51) Classificação Internacional:

**B21K 5/20** (2011.01) **B21D 37/20** (2011.01)  
**B21J 5/08** (2011.01) **B22F 3/17** (2011.01)  
**C21D 6/02** (2011.01) **C21D 7/13** (2011.01)  
**C21D 9/00** (2011.01) **C21D 9/18** (2011.01)  
**C22C 38/22** (2011.01) **C22C 38/24** (2011.01)

(22) Data de pedido: **2008.03.25**

(30) Prioridade(s): **2007.03.23 US 896729 P**  
**2008.03.13 US 47532**

(43) Data de publicação do pedido: **2008.10.29**

(45) Data e BPI da concessão: **2011.05.11**  
**140/2011**

(73) Titular(es):

**DAYTON PROGRESS CORPORATION**  
**500 PROGRESS ROAD DAYTON, OH 45449 US**

(72) Inventor(es):

**CHRISTON L. SHEPARD US**  
**JAMES M. LOFFLER US**  
**RONALD R. LAPARRE US**  
**ALAN L. SHAFFER US**  
**SHRINIDHI CHANDRASEKHARAN US**

(74) Mandatário:

**ANTÓNIO JOÃO COIMBRA DA CUNHA FERREIRA**  
**RUA DAS FLORES, Nº 74, 4º AND 1249-235 LISBOA PT**

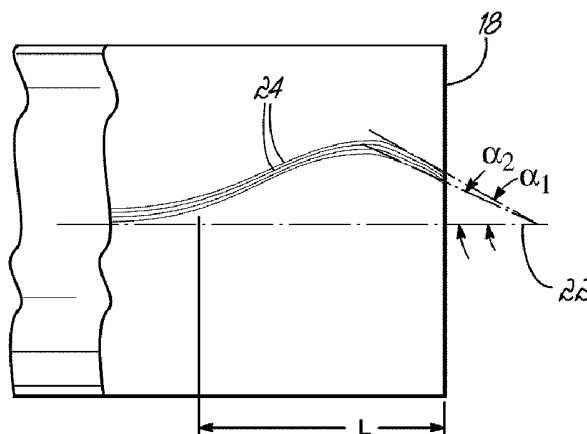
(54) Epígrafe: **FERRAMENTAS COM UMA REGIÃO DE TRABALHO MODIFICADA DE MODO TERMO-MECÂNICO E MÉTODOS DE CONFORMAÇÃO DE TAIS FERRAMENTAS**

(57) Resumo:

FERRAMENTAS COM UMA REGIÃO DE TRABALHO MODIFICADA DE MODO TERMO-MECÂNICO E MÉTODOS DE CONFORMAÇÃO DE TAIS FERRAMENTAS. A FERRAMENTA (10) INCLUI UMA REGIÃO DE TRABALHO QUE CONTÉM AÇO ALTERADO POR UM PROCESSO TERMO-MECÂNICO PARA CONTER BANDAS DE CARBONETO E/OU LIGA MODIFICADAS (24). EM UTILIZAÇÃO, UMA SUPERFÍCIE (18) DA REGIÃO DE TRABALHO CONTACTA COM UMA PEÇA DE OBRA (25) QUANDO A FERRAMENTA (10) É UTILIZADA PARA REALIZAR UMA OPERAÇÃO DE CONFORMAÇÃO DE METAL.

RESUMO**"Ferramentas com uma região de trabalho modificada de modo termo-mecânico e métodos de conformação de tais ferramentas"**

Ferramentas com uma região de trabalho modificada de modo termo-mecânico e métodos de conformação de tais ferramentas. A ferramenta (10) inclui uma região de trabalho que contém aço alterado por um processo termo-mecânico para conter bandas de carboneto e/ou liga modificadas (24). Em utilização, uma superfície (18) da região de trabalho contacta com uma peça de obra (25) quando a ferramenta (10) é utilizada para realizar uma operação de conformação de metal.

**FIG. 3A**

## DESCRIÇÃO

### **"Ferramentas com uma região de trabalho modificada de modo termo-mecânico e métodos de conformação de tais ferramentas"**

São utilizados vários tipos de ferramentas em aplicações de conformação de metal tais como maquinagem, corte de metal, compactação de pó, gravação de metal, estampagem de pino, montagem de componentes e semelhantes. Em particular, punções e matrizes representam tipos de ferramentas de conformação de metal utilizados para furar, perfurar e dar forma a peças de obra metálicas e não metálicas. As ferramentas de corte e os insertos representam tipos de ferramentas de conformação de metal que se utilizam em aplicações de maquinagem para dar forma a peças de obra metálicas e não metálicas. Os punções e as matrizes estão sujeitos a cargas severas e repetidas durante a sua vida operacional. Em particular, os punções tendem a falhar durante a utilização devido à rotura catastrófica induzida pelas tensões significativas na extremidade de trabalho da ferramenta ou outros mecanismos, tais como o desgaste. As exigências relativamente às ferramentas de conformação de metal irão tornar-se mais difíceis com a introdução de peças de obra construídas a partir de aços que têm uma resistência mais elevada a razões de peso, tais como os aços de resistência ultra elevada (UHSS), os aços avançados de elevada resistência (AHSS), os aços (TRIP) de plasticidade induzida por transformação e os aços martensíticos (MART).

Os punções são comumente construídos a partir de várias qualidades de aço. Os aços ferramenta convencionais contêm carbonetos de metal que se desenvolvem a partir de uma reacção do carbono com metais de liga, tais como o crómio, vanádio e o tungsténio, que se encontram nas formulações de aço comuns. As partículas de carboneto de metal estão inicialmente presentes em aço ferramenta a granel como feixes ou agregados. A morfologia do carboneto, isto é, o tamanho e distribuição das partículas, provoca impacto no material de aço ferramenta e nas propriedades mecânicas, tais como a resiliência, resistência ao impacto e resistência ao desgaste. Estas propriedades mecânicas e do material determinam a capacidade do aço ferramenta para suportar as

condições de serviço encontradas pelos punções e matrizes nas operações de trabalho do metal, e servem como uma guia na selecção do material para uma aplicação particular.

Durante o fabrico do aço ferramenta, os lingotes ou billetes de aço ferramenta são tipicamente trabalhados a quente acima da temperatura de recristalização por um processo de laminagem a quente ou forjagem. Quando o aço ferramenta é trabalhado a quente, os carbonetos de metal segregados podem alinhar-se substancialmente na direcção do trabalho para formar aquilo que é comumente conhecido como o bandeamento de carboneto. O trabalho a quente do aço ferramenta também pode alinhar regiões enriquecidas em certos componentes de liga segregados substancialmente na direcção do trabalho para formar aquilo que é comumente conhecido como o bandeamento elementar ou de liga.

A tendência dos carbonetos de metal segregados e componentes de liga se alinharem ao longo da direcção de trabalho do aço ferramenta laminado a quente (isto é, na direcção de laminagem) em bandas paralelas, lineares encontra-se ilustrada nas micrografias ópticas das FIGS. 1 e 1B e numa micrografia "Scanning Electron Microscopy (SEM)" da FIG. 1A. Colectivamente, as micrografias mostram imagens de regiões polidas e atacadas de uma matéria-prima em barra de qualidade aço ferramenta M2 comercialmente disponível na condição de laminada a quente. A um nível microscópico, as bandas de carboneto e liga têm um aspecto proeminente tal como é aparente a partir das FIGS. 1, 1A e 1B. Em particular, as bandas mais claras visíveis na FIG. 1A representam teores de liga mais elevados em percentagem em peso e as bandas mais escuras representam os teores de liga mais baixos em percentagem em peso. No caso particular da qualidade de aço ferramenta S7 mostrada na FIG. 1A, as bandas mais claras de teor de liga mais elevado contêm 4,18% em peso de Cr e 2,16% em peso de Mo, enquanto que as bandas mais escuras de liga inferior contêm 3,38% em peso de Cr e 1,30% em peso de Mo. A FIG. 1B é uma micrografia óptica do bandeamento em aço M2 AISI comercial em estado bruto de laminagem a seguir ao tratamento térmico e têmpera tripla. O provete foi cortado e polido e depois atacado com uma solução a 3% de nital. As medições do espaçamento inter-bandas, quer dizer, as medições

da banda média numa banda até à banda média numa banda adjacente, indicam uma média de aproximadamente 135  $\mu\text{m}$  com um desvio padrão da média de aproximadamente 21  $\mu\text{m}$ . A FIG. 2 é uma micrografia óptica de uma matéria-prima em barra de qualidade de aço ferramenta M4 metalúrgica de pó, que exhibe um alinhamento similar das bandas de carboneto de metal e liga substancialmente ao longo da direcção de laminagem tal como é aparente na FIG. 1A.

Depois da laminagem a quente, o aço ferramenta é conformado numa peça em branco que preserva o bandeamento de carboneto e/ou liga. A direccionalidade dos carbonetos de metal nas bandas de carboneto e os componentes de liga segregados nas bandas de liga aumenta a probabilidade da fractura frágil e do desgaste ao longo dessa direcção. Quando as peças em branco de aço ferramenta são maquinadas para fazer ferramentas como punções e matrizes, as bandas de carboneto e liga tendem a coincidir com a direcção de carga primária ao longo da qual pode ocorrer a fractura durante a utilização subsequente.

Os métodos de processar elementos de aço são conhecidos a partir da EP-A-0587 489 que descreve a torção, da US-A-5136905 que descreve a forjagem/recalcamento e da JP-A-56151125 que descreve a forjagem.

Num aspecto é proporcionada uma ferramenta para utilizar numa máquina para modificar uma peça de obra, compreendendo a ferramenta um componente formado a partir de um aço ferramenta, incluindo o componente uma superfície de trabalho adaptada para contactar com a peça de obra; uma primeira região por baixo da superfície de trabalho, tendo o aço ferramenta na primeira região uma microestrutura que contém uma pluralidade de bandas de carboneto ou uma pluralidade de bandas de liga que não estão alinhadas de modo unidireccional, em que cada uma da pluralidade de bandas de carboneto ou cada uma da pluralidade de bandas de liga tem um ângulo de inclinação positivo sobre uma porção da primeira região e um ângulo de inclinação negativo sobre uma outra porção da primeira região, em que a transição entre o ângulo de inclinação positivo e o ângulo de inclinação negativo é contínua, e uma segunda região que inclui uma microestrutura que contém uma outra pluralidade de bandas de carboneto ou

uma outra pluralidade de bandas de liga, estando as bandas de carboneto ou as bandas de liga na primeira região comprimidas mais apertadamente em conjunto do que as bandas de carboneto ou as bandas de liga na segunda região, de tal modo que as bandas de carboneto ou as bandas de liga na primeira região têm uma densidade média que é maior do que a densidade média das bandas de carboneto ou das bandas de liga na segunda região.

A ferramenta pode compreender um componente de aço alongado que inclui um eixo longitudinal, uma haste configurada para ser acoplada à máquina, e uma ponta espaçada ao longo do eixo longitudinal a partir da haste. A ponta inclui a superfície de trabalho e a primeira região na qual as bandas de carboneto e/ou liga não estão substancialmente alinhadas com o eixo longitudinal.

Numa concretização, a pluralidade de bandas de carboneto ou pluralidade de bandas de liga da segunda região está substancialmente alinhada com o eixo longitudinal. Em ainda uma outra concretização, as bandas de carboneto ou bandas de liga na primeira região têm um espaçamento inter-bandas que é menor do que um segundo espaçamento inter-bandas das bandas de carboneto ou bandas de liga na segunda região. As bandas de carboneto ou liga estão mais apertadamente comprimidas na primeira região em comparação com a segunda.

Num outro aspecto, é proporcionado um método de fazer uma ferramenta, compreendendo o método fabricar uma pré-forma de aço ferramenta que tem uma haste e uma ponta dispostas ao longo de um eixo longitudinal, tendo o aço ferramenta da ponta uma microestrutura com uma pluralidade de bandas de carboneto ou uma pluralidade de bandas de liga com uma primeira densidade, processando-se de modo termo-mecânico a ponta da pré-forma para definir uma primeira região na ponta, de tal modo que as bandas de carboneto ou as bandas de liga na primeira região não estão alinhadas unidireccionalmente e cada uma das bandas de carboneto ou cada uma das bandas de liga na primeira região tem um ângulo de inclinação positivo sobre uma primeira porção da primeira região e um ângulo de inclinação negativo sobre uma segunda porção da primeira região, em que a transição entre o ângulo de inclinação positivo e o ângulo de inclinação negativo é contínua e a distância entre as bandas de carboneto ou as bandas de liga é

reduzida, resultando numa segunda densidade maior do que a primeira densidade, e em que processar de modo termo-mecânico inclui aquecer a ponta até uma temperatura de processamento e, enquanto a ponta se encontra na temperatura de processamento, aplicar uma força à ponta para deformar a primeira região; e acabar a pré-forma na ferramenta com a primeira região da ponta a definir uma superfície de trabalho da ferramenta.

O aço no componente alongado ou pré-forma pode compreender um aço ferramenta comumente utilizado para formar ferramentas para maquinagem, corte de metal, compactação de pó, gravação de metal, estampagem de pino e aplicações de conformação de metal. Nas várias concretizações, o aço ferramenta pode ter um teor de carboneto que vai de cerca de 5 por cento a cerca de 40 por cento em peso.

O aço da pré-forma é processado mecanicamente a uma temperatura elevada por um tratamento ou processo termo-mecânico, tais como os processos de forjagem convencionais. Os processos de forjagem convencionais adequados incluem, mas não estão limitados, a laminagem anelar, estampagem, forjagem rotativa, forjagem radial, recalçamento a quente e frio e combinações destes processos de forjagem. O tratamento termo-mecânico envolve em geral a aplicação simultânea de calor e um processo de deformação a uma liga, de modo a mudar a sua forma e refinar a microestrutura. O processo termo-mecânico melhora economicamente as propriedades mecânicas resultantes, tais como a resistência ao impacto, resiliência e resistência ao desgaste do aço. As propriedades mecânicas modificadas são conseguidas sem alterar a composição metalúrgica do aço.

O invento vai agora ser ainda descrito por meio de exemplo com referência aos desenhos anexos, nos quais:

a FIG. 1 é uma micrografia óptica tirada numa ampliação de cerca de 14x, mostrando uma região polida e atacada de uma matéria-prima de barra de qualidade de aço ferramenta M2 comercialmente disponível com bandeamento de carboneto e/ou liga aparente ao longo da direcção de laminagem em conformidade com a arte anterior;

a FIG. 1A é uma micrografia SEM numa ampliação de cerca de 130x, mostrando uma região polida de uma matéria-prima de barra de qualidade de aço ferramenta S7 comercialmente disponível com bandejamento de liga aparente ao longo da direcção de laminagem em conformidade com a arte anterior;

a FIG. 1B é uma micrografia óptica tirada numa ampliação de cerca de 100X, mostrando uma região polida e atacada de uma matéria-prima de barra de qualidade de aço ferramenta M2 comercialmente disponível com bandejamento de carboneto e/ou liga aparente ao longo da direcção de laminagem em conformidade com a arte anterior;

a FIG. 2 é uma micrografia óptica similar à da FIG. 1 de uma matéria-prima de barra de qualidade de aço ferramenta M4 metalúrgica de pó que também exhibe bandejamento de carboneto e/ou liga alinhado na direcção de laminagem em conformidade com a arte anterior;

a FIG. 3 é uma vista planificada de uma ferramenta em conformidade com uma concretização representativa do invento;

a FIG. 3A é uma vista em secção transversal esquemática que ilustra em diagrama o bandejamento de carboneto e/ou liga na região, L, da ferramenta na FIG. 3, depois da modificação pelo processamento termo-mecânico em conformidade com uma concretização do invento;

as FIGS. 4A e 4B são vistas laterais de pré-formas ou peças em branco que podem ser utilizadas para fabricar a ferramenta da FIG. 3;

as FIGS. 4C e 4D são vistas em perspectiva de pré-formas ou peças em branco que podem ser utilizadas para fabricar a ferramenta das FIGS. 5A e 5B, respectivamente;

as FIGS. 5A e 5B são vistas em perspectiva de concretizações de ferramentas de acordo com um aspecto do invento;

a FIG. 5C é uma vista em perspectiva de uma concretização de uma ferramenta, a seguir ao processamento de



modo termo-mecânico de uma pré-forma com maquinagem subsequente;

as FIGS. 6A e 6B mostram uma sequência representativa de operações para processar de modo termo-mecânico uma peça em branco de aço laminada a quente por recalçamento a quente em conformidade com uma concretização do invento;

as FIGS. 6C e 6D mostram outras concretizações de ferramenta a seguir ao processamento de modo termo-mecânico da peça em branco de aço laminado a quente da FIG. 4A ao forjar e recalcar a quente em conformidade com uma concretização alternativa do invento;

a FIG. 7 é uma micrografia óptica de uma pré-forma de aço ferramenta de qualidade M2 que foi modificada por um processo termo-mecânico em conformidade com um aspecto do invento e que, na secção processada, exhibe bandeamento de carboneto e/ou liga que não está substancialmente alinhado na direcção de laminagem;

a FIG. 7A é uma micrografia óptica tirada de uma área 7A de um provete preparado similar ao mostrado na FIG. 7 tirada numa ampliação de cerca de 100X, mostrando uma região polida e atacada com bandeamento de carboneto e/ou liga;

a FIG. 7B é uma micrografia óptica tirada de uma área 7B de um provete preparado similar ao mostrado na FIG. 7, tirada numa ampliação de cerca de 100X, mostrando uma região polida e atacada com bandeamento de carboneto e/ou liga;

a FIG. 8 é uma micrografia óptica de uma pré-forma de aço ferramenta de qualidade M2 em estado bruto de laminagem depois de ser sujeito a dois processos termo-mecânicos de recalçamento a quente, discretos, em conformidade com uma concretização do invento;

a FIG. 9 é uma micrografia óptica de uma pré-forma de qualidade de aço ferramenta de qualidade M4 metalúrgica de pó depois do processamento termo-mecânico, utilizando um processo de recalçamento a quente único em conformidade com uma concretização do invento;

a FIG. 10 é uma micrografia óptica de um provete de matéria-prima de barra em estado bruto de laminagem depois de um processo de forjagem de cabeça para definir uma cabeça para uma ferramenta em conformidade com a arte anterior;

a FIG. 10A é uma micrografia óptica tirada em cerca de 100X de uma área 10A da FIG. 10 depois de um processo de forjagem da cabeça para definir uma cabeça para uma ferramenta em conformidade com a arte anterior;

a FIG. 11 é uma representação gráfica da influência do processamento termo-mecânico na vida da ferramenta numa aplicação de conformação de metal (isto é, furação) para uma ferramenta em conformidade com uma concretização do invento;

a FIG. 12 é uma representação gráfica da influência do método de processamento na taxa de desgaste numa aplicação de conformação de metal (isto é, furação) para uma ferramenta em conformidade com uma concretização do invento;

a FIG. 13A é uma vista lateral esquemática de um punção com uma ponta processada de modo termodinâmico e uma superfície de trabalho que foi utilizada na aplicação de conformação de metal para adquirir os dados mostrados nas FIGS. 11 e 12;

a FIG. 13B é uma micrografia electrónica da aresta de corte tal como se indica a partir da área envolvida 13B da FIG. 13A de um punção convencional formado a partir de aço ferramenta de qualidade M2 na condição de estado bruto de laminagem em conformidade com a arte anterior e utilizado para adquirir os dados para o punção convencional mostrado nas FIGS. 11 e 12;

a FIG. 13C é uma micrografia electrónica da aresta de corte tal como indicada a partir da área envolvida 13B da FIG. 13A de um punção que inclui a ponta processada de modo termo-mecânico e a superfície de trabalho em conformidade com uma concretização do invento e utilizada para adquirir os dados para o punção mostrado nas FIGS. 11 e 12;

a FIG. 14 é uma representação gráfica que mostra a influência do processamento termo-mecânico na vida da ferramenta numa aplicação de maquinagem (isto é, escareagem) para um escareador em conformidade com uma concretização do invento e um escareador em conformidade com a arte anterior;

as FIGS. 15A e 15B são uma vista lateral e uma vista de extremidade, respectivamente, de uma ferramenta de acordo com uma concretização do invento que tem uma configuração de escareador e que se utiliza na aplicação de maquinagem para adquirir os dados da FIG. 14;

as FIGS. 15C e 15D são uma micrografia óptica de uma superfície de trabalho e uma micrografia electrónica da área rodeada 15D, 15F da FIG. 15A, respectivamente, de um escareador que é formado a partir de um aço ferramenta de metal de pó de qualidade M4 convencional em conformidade com a arte anterior;

as FIGS. 15E e 15F são uma micrografia óptica de uma superfície de trabalho e uma micrografia electrónica da área rodeada 15D, 15F da FIG. 15A, respectivamente, de um escareador em conformidade com uma concretização do invento formado a partir de aço ferramenta de metal de pó de qualidade M4 que tem uma ponta de trabalho que foi processada de modo termo-mecânico.

Com referência à FIG. 3 e em conformidade com uma concretização representativa, uma ferramenta 10 é um componente alongado que inclui um cilindro ou haste 14, uma cabeça 12 disposta numa extremidade da haste 14, e um nariz ou corpo 16 com uma ponta 15 disposta numa extremidade oposta da haste 14 a partir da cabeça 12. A superfície de trabalho 18 suportada na ponta 15 une-se a uma parede lateral da ponta 15 ao longo de uma aresta de corte 20. A aresta de corte 20 e a superfície de trabalho 18 definem a porção da ferramenta 10 que contacta a superfície de uma peça de obra 25. A peça de obra 25 pode compreender um material a ser processado pela ferramenta 10 numa aplicação de conformação de metal, tal como uma folha de metal fina.

Quando vista ao longo de um eixo longitudinal ou linha central 22 da ferramenta 10, a haste 14 e o corpo 16 do componente alongado têm um perfil de secção transversal adequado, tal como, por exemplo, um perfil de secção transversal redonda, rectangular, quadrada ou oval. A haste 14 e o corpo 16 podem ter perfis de secção transversal de áreas idênticas ou o corpo 16 pode ter uma área de secção transversal mais pequena para proporcionar uma região de relevo entre a haste 14 e o corpo 16. Em certas concretizações, a haste 14 e o corpo 16 estão dispostos de modo simétrico em torno da linha central 22 e, em particular, podem ter um perfil de secção transversal circular ou redonda centrado na linha central 22 e/ou simétrico em torno da mesma.

A cabeça 12 da ferramenta 10 tem uma construção apropriada para ser retida com um dispositivo de retenção de ferramenta utilizado com uma máquina de trabalhar em metal tal como uma máquina ferramenta ou uma prensa (não mostrada). Na concretização exemplificativa, a cabeça 12 é uma flange que tem um diâmetro maior do que o diâmetro da haste 14. Em vez da cabeça 12, a ferramenta 10 pode em alternativa incluir um retentor de bloqueio de esfera, um retentor de bloqueio de cunha, uma pequena torre ou um outro tipo de estrutura de retenção para acoplar a haste 14 da ferramenta 10 ao dispositivo de retenção de ferramenta.

A ferramenta 10, a qual tem a construção de um punção na concretização representativa, forma tipicamente um componente de um conjunto de matriz para utilizar numa operação de estampagem. O conjunto de matriz inclui ainda uma matriz 26 que contém uma abertura que recebe uma porção da ponta 15 da ferramenta 10. A matriz 26 e a ferramenta 10 cooperam, quando conjuntamente pressionados, para formar um orifício conformado numa peça de obra ou para deformar a peça de obra 25 da mesma maneira desejada. A ferramenta 10 e a matriz 26 podem ser removidas a partir da máquina de trabalhar metal com a ferramenta 10 a estar temporariamente fixa ao utilizar um mecanismo de retenção de ferramenta à extremidade de um pistão. A ferramenta 10 move-se em geral numa direcção para a peça de obra 25 e com uma carga normal ao ponto de contacto entre a superfície de trabalho 18 e a peça de obra 25. A

máquina de trabalhar metal pode ser accionada de modo mecânico, de modo hidráulico, de modo pneumático ou de modo eléctrico para aplicar uma carga que força a ferramenta 10 para a peça de obra 25. A ponta 15 da ferramenta 10 é forçada segundo a carga elevada transmitida pela máquina de trabalhar metal através, ou dentro, da espessura da peça de obra 25 e para a abertura de matriz. A peça de obra 25 é cortada e/ou deformada na zona de contacto e à volta da zona de contacto entre a superfície de trabalho 18 da ferramenta 10 e a peça de obra 25.

Numa concretização alternativa do invento, as regiões da matriz 26 por baixo de uma ou mais superfícies de trabalho da matriz 26 podem ser formadas de aço que foi processado de modo termo-mecânico de uma maneira consistente com as concretizações do invento. Em alternativa, para aplicações de compactação de pó, a peça de obra 25 pode compreender um pó alojado num recesso da matriz 26, em vez do metal em folha representativo.

A ferramenta 10 pode ser fabricada a partir de várias classificações diferentes de aço incluindo, mas não se limitando aos aços ferramenta do tipo de trabalho a frio, de trabalho a quente, ou aos materiais de qualidade de aço ferramenta rápido, assim como às qualidades de aços inoxidáveis, aços de especialidade e aços ferramenta genéricos. A ferramenta 10 também pode compreender uma qualidade de aço metalúrgico de pó ou, em particular, um aço ferramenta metalúrgico de pó. As qualidades de material de aço ferramenta são em geral sistemas de liga ferro-carbono com vanádio, tungsténio, crómio e molibdénio que exibem um comportamento de endurecimento e tempera. O teor de carbono pode estar dentro de uma gama de cerca de 0,35% em peso a cerca de 1,50% em peso, com outros teores de carbono contemplados, dependendo das partículas de carboneto desejadas para precipitação, se algumas. Numa concretização alternativa, o teor de carbono está dentro de uma gama de cerca de 0,85% em peso a cerca de 1,30% em peso. O aço ferramenta pode exhibir endurecimento com tratamento de calor e pode ser temperado para conseguir as propriedades mecânicas desejadas. A Tabela 1 mostra a composição nominal em percentagem em peso de qualidades de aço ferramenta

exemplificativas que podem ser utilizadas para fabricar a ferramenta 10, sendo o equilíbrio ferro (Fe).

**Tabela 1**

AISI	DIN	JIS	UNS	C	Cr	V	W	Mo	Co
A2	1.2363	G4404 SKD12	T30102	1,00	5,00		–	1,00	–
D2	1.2201	G4404 SKD11	T30402	1,50	12,00	1,00	–	1,00	–
H-13	1.2344	G4404 SKD61	T20813	0,35	5,00	1,00	–	1,50	–
M2	1.3341	G4403 SKH	T11302	0,85–1,00	4,00	2,00	6,00	5,00	–
M4	–	G4403 SKH54	T11304	1,30	4,00	4,00	5,50	4,50	–
S7	–	–	T41907	0,50	3,25	0,25	–	1,50	–
T15	–	G4403 SKH10	T12105	1,57	4,00	5,00	12,25	–	5,00
M42	S-2-10-1-8	G4403 SKH59	T11342	1,08	3,75	1,1	1,5	9,5	8,00

A ponta 15 do corpo 16 perto da superfície de trabalho 18 está sujeita a um processo termo-mecânico que altera a morfologia ou microestrutura do material da ferramenta 10 ao aquecer pelo menos a ponta 15 e aplicando uma força à ponta 15. Em particular, o processo termo-mecânico modifica a microestrutura constituinte da ponta 15 na região L, de tal modo que a vida útil da ferramenta 10 nas aplicações de maquinagem e conformação de metal é significativamente prolongada mas não modifica a composição do aço ferramenta. Numa concretização, a região L intersecta a superfície de trabalho 18 e, por conseguinte, a região L pode ser medida ao longo do comprimento da ponta 15 do corpo 16 em relação à superfície de trabalho 18. Em concretizações específicas, a região modificada estruturalmente L pode prolongar-se numa distância de entre 0,125 polegadas (0,3175 centímetros) e 0,25 polegadas (0,635 centímetros) ao longo da ponta 15 a partir da superfície de trabalho 18. Em outras concretizações específicas, a região modificada estruturalmente L pode prolongar-se numa distância maior do que cerca de 0,001 polegadas (cerca de 0,00254 centímetros) ao longo da ponta 15 a partir da superfície de trabalho 18.

A vida útil prolongada pode surgir a partir de uma mudança na direccionalidade do bandeamento de carboneto e/ou liga na região L. Em particular, o processo termo-mecânico

opera para desalinhar as bandas de carboneto e/ou liga na região L, de tal modo que as bandas adjacentes já não ficam alinhadas de modo paralelo entre si e com a linha central 22, tal como mostrado esquematicamente na FIG. 3A. Numa concretização específica, as bandas de carboneto e/ou liga 24 têm um alinhamento não linear na região L. Em particular e numa concretização, um ângulo de inclinação,  $\alpha_1$ , de pelo menos uma das bandas de carboneto e/ou liga 24 transita de um alinhamento aproximado com a linha central 22 fora da região modificada de modo termo-mecânico, L, para um desalinhamento ou não alinhamento significativo com a linha central 22 dentro da região, L. Especificamente, o ângulo de inclinação,  $\alpha_1$ , de pelo menos uma das bandas de carboneto e/ou liga 24 tem uma inclinação positiva em relação à linha central 22 sobre uma porção da região, L, perto da superfície de trabalho 18, e uma inclinação negativa sobre uma outra porção da região, L. A transição entre as porções positivamente inclinadas e negativamente inclinadas das bandas 24 é suave, dado que é a transição da porção negativamente inclinada das bandas 24 para as porções das bandas 24 fora da região, L, as quais estão aproximadamente alinhadas com a linha central 22.

Um ângulo de inclinação,  $\alpha_2$ , de pelo menos uma outra das bandas de carboneto e/ou liga 24 pode transitar de um alinhamento aproximado com a linha central 22 fora da região modificada de modo termo-mecânico, L, para um desalinhamento ou não alinhamento significativo com a linha central 22 dentro da região, L. Em adição, o ângulo de inclinação,  $\alpha_2$ , pode diferir do ângulo de inclinação,  $\alpha_1$ , de tal modo que uma das bandas de carboneto e/ou liga 24 parece aproximar-se de uma outra das bandas de carboneto e/ou liga 24 de uma maneira convergente. De modo similar, uma banda de carboneto e/ou liga 24 pode parecer divergir de uma outra banda de carboneto e/ou liga 24. Numa concretização, as bandas de carboneto e/ou liga 24 podem transitar de um alinhamento aproximado com a linha central fora da região modificada de modo termo-mecânico, L, para uma orientação de tal modo que as bandas de carboneto e/ou liga 24 não fiquem alinhadas unidireccionalmente. Em algumas circunstâncias, pares adjacentes das bandas de carboneto e/ou liga 24 podem parecer divergir em certas profundidades dentro da região L enquanto parecem divergir uma da outra em outras profundidades dentro

da região L, de modo que o espaçamento inter-bandas vária com a posição ao longo da linha central 22 na região L. Numa outra concretização alternativa, todas as bandas de carboneto e/ou liga 24 podem exibir as mesmas mudanças em ângulo de inclinação,  $\alpha_1$ , sobre o comprimento da região modificada de modo termo-mecânico, L, de modo que o espaçamento inter-bandas é aproximadamente constante.

Esta modificação morfológica que produz as bandas de carboneto e/ou liga desalinhadas localmente na região, L, pode operar para melhorar as propriedades mecânicas da ferramenta 10. Em particular, crê-se que a resistência do aço ferramenta à fractura frágil seja grandemente aumentada ao eliminar a direccionalidade no bandeamento de carboneto e/ou liga na região modificada, L. As regiões do corpo 16 e haste 14 fora da região modificada, L, não são modificadas pelo processo termo-mecânico e, por conseguinte, estas regiões irão exibir a direccionalidade das bandas de carboneto e/ou liga características do aço ferramenta trabalhado a quente, como o aço ferramenta laminado a quente. O melhoramento das propriedades mecânicas para a ponta 15 é independente do mecanismo de retenção de ferramenta utilizado na ferramenta 10.

Com referência à FIG. 4A, na qual números de referência iguais se referem a características semelhantes na FIG. 3 e em conformidade com uma concretização do invento, a ferramenta 10 (mostrada na FIG. 3) pode ser fabricada ao conformar uma pré-forma ou peça em branco, tal como a peça em branco representativa 30, com o processo de tratamento termo-mecânico. A peça em branco 30 tem uma ponta 32 que é pelo menos conformada parcialmente pelo processo termo-mecânico durante o fabrico da ferramenta 10. A morfologia microestrutural do aço ferramenta que constitui a peça em branco 30, a qual é formada a partir de aço laminado, inclui inicialmente bandas de carboneto e/ou liga direccionais similares às mostradas na micrografia óptica da FIG. 1 e alinhadas em geral ao longo da linha central 22. A ponta 32, a qual tem a forma de um cone truncado ou uma forma troncónica, afunila ao longo do seu comprimento e termina numa extremidade cega 33. A seguir ao processo do tratamento termo-mecânico e quaisquer processos secundários



subsequentes, a ponta 32 define a ponta 15 da ferramenta 10 e inclui a superfície de trabalho 18 (FIG. 3). O resto da peça em branco 30 define a cabeça 12, a haste 14 e o restante do corpo 16 da ferramenta 10. A vida útil prolongada pode ser influenciada por modificações morfológicas adicionais. As bandas de carboneto e/ou liga na região L estão comprimidas de modo mais apertado conjuntamente. Quer dizer, a distância entre bandas adjacentes é menor, resultando numa densidade mais elevada das bandas numa dada área do que em outras regiões. A densidade mais elevada das bandas na região L pode ainda operar para melhorar as propriedades mecânicas da ferramenta 10.

A geometria ou forma da peça em branco inicial 30, antes da aplicação do processamento termo-mecânico, vai ter impacto na microestrutura resultante na região L da ferramenta 10, por exemplo, tal como a ferramenta 10 ilustrada na FIG. 3. A geometria da peça em branco 30 pode ser seleccionada com base no tipo de processo termo-mecânico empregue e na geometria final alvo para a ferramenta 10. Para um dado processo termo-mecânico, a geometria da peça em branco 30 pode compreender matéria-prima em varão cilíndrico, matéria-prima em barra rectilínea, matéria-prima em bobina ou matéria-prima que tem outras formas e perfis de secção transversal mais complexos. A determinação da geometria da pré-forma pode ser desenvolvida com base em experiências passadas, requisitos de aplicação de ferramentas e limitações de processo. Por exemplo, uma relação de recalque mínima de cerca de 2:1 pode ser especificada pelas limitações de processo para proporcionar uma microestrutura que proporciona um melhoramento perceptível nas propriedades mecânicas. Crê-se que o melhoramento nas propriedades mecânicas aumenta com o aumento da relação de recalque.

A peça em branco 30 com uma ponta troncónica 32 (por exemplo, a peça em branco 30 ilustrada na FIG. 4A) pode ser particularmente adequada para utilizar como uma pré-forma num processo de recalque a quente para transmitir as propriedades mecânicas desejadas ao aço ferramenta que constitui a ferramenta 10. A ponta troncónica 32 da peça em branco 30 pode ser formada ao maquinar num torno, conformada por estampagem, etc. A maquinagem pode remover algum do

material ao longo do exterior durante a conformação da ponta 32. O material removido pode conter menos carboneto do que, por exemplo, o material restante que forma a ponta 32. Num processo de recalçamento a quente, a ponta 32 é expandida radialmente pelo processo termo-mecânico em relação à linha central 22 tal como é mais completamente descrito com referência às FIGS. 6A-6C abaixo. A vida útil prolongada da ferramenta 10 pode ser influenciada por modificações morfológicas adicionais. Por exemplo, remover uma porção do material que contém carboneto relativamente baixo antes do processo termo-mecânico pode proporcionar um teor de carboneto maior em e/ou perto da superfície de trabalho 18 a seguir ao processamento termo-mecânico.

Os tratamentos termo-mecânicos adequados incluem, mas não estão limitados aos processos de forjagem tais como a forjagem radial, laminagem anelar, forjagem rotativa, estampagem, tixoconformação, conformação em fase austenítica e recalçamento a frio/quente. Para a forjagem por recalque, também referida para simplificar como recalçamento, pode ser utilizado o recalçamento simples ou múltiplo para conformar a peça em branco 30. Depois da conclusão do processo de tratamento termo-mecânico, a peça em branco 30 pode ser tratada a quente, acabada por maquinagem e esmerilada para fornecer qualquer geometria de ferramenta necessária tal como se verifica nas ferramentas convencionais.

Com referência à FIG. 4B na qual números de referência iguais se referem a características semelhantes na FIG. 3 e em conformidade com uma concretização alternativa, uma peça em branco 34 que tem uma ponta "conformada em bala" 36 pode ser conformada por tratamento termo-mecânico na ferramenta 10. A ponta 36 afunila com uma curvatura ao longo do seu comprimento e termina numa extremidade cega 37. A morfologia microestrutural do aço ferramenta que constitui a peça em branco 34, a qual é conformada a partir de aço laminado, inclui inicialmente bandas de carboneto e/ou liga similares às mostradas na micrografia óptica da FIG. 1. A seguir ao processo de tratamento termo-mecânico e qualquer maquinagem e esmerilagem de acabamento opcional, a ponta 36 define a ponta 15 da ferramenta 10, por exemplo, como a ferramenta 10 ilustrada na FIG. 3, e inclui a superfície de trabalho 18. O

resto da peça em branco 34 define a cabeça 12, a haste 14 e o resto do corpo 16 da ferramenta 10.

Com referência agora à FIG. 4C na qual números de referência semelhantes se referem a características semelhantes na FIG. 3 e numa outra configuração alternativa, a peça em branco 38 que tem uma ponta de diâmetro mais pequeno 40 do que a ponta 32 (FIG. 4A) e a ponta 36 (FIG. 4B) pode ser conformada por tratamento termo-mecânico numa ferramenta 43 tal como se mostra na FIG. 5A. A ponta 40, mostrada na FIG. 4C, afunila ao longo do seu comprimento e tem um diâmetro mais pequeno do que o resto da peça em branco 38. A seguir ao tratamento termo-mecânico e qualquer maquinagem e esmerilagem de acabamento opcional, a ponta 40 define uma ponta 42 da ferramenta 43 que tem uma superfície de trabalho 44 mostrada na FIG. 5A. Em conformidade com um aspecto do invento, para conseguir uma ferramenta que tem uma ponta ou configuração de superfície de trabalho pequena, uma peça em branco que tem uma ponta relativamente pequena em comparação com a porção restante da peça em branco, como a mostrada na FIG. 4C, pode ser utilizada de tal modo que a relação de recalçamento seja maximizada.

A FIG. 4D ilustra uma outra concretização exemplificativa de uma peça em branco 46 utilizada para formar de modo termo-mecânico uma ferramenta que tem uma ponta relativamente pequena, tal como uma ferramenta 48 mostrada na FIG. 5B. A peça em branco 46 tem uma ponta rectangular afunilada 50. A seguir ao tratamento termo-mecânico, a ponta 50 define, por exemplo, uma ponta 54 da ferramenta 48 mostrada na FIG. 5B. A ponta 54 tem uma superfície de trabalho conformada rectangular 56. Embora sejam ilustradas e descritas acima várias concretizações das peças em branco 30, 34, 38, 46, as peças em branco não estão limitadas às mostradas. Em adição, a ponta 15, 42, 54 da ferramenta 10, 43, 48 pode ter qualquer forma. Além do mais, a forma pode ser determinada pela aplicação de conformação de metal ou maquinagem.

Com referência às FIGS. 6A e 6B nas quais números de referência semelhantes se referem a características semelhantes na FIG. 3 e em conformidade com uma outra

concretização, uma ponta 62 de uma peça em branco 60, que é similar à peça em branco 30 (FIG. 4A), é sujeita a um processo termo-mecânico de uma única etapa que modifica a microestrutura da ponta 62. A peça em branco 60 contém inicialmente uma microestrutura com bandas de carboneto e/ou liga alinhadas aproximadamente ao longo da linha central 22 da peça em branco 60. A ponta 62 da peça em branco 60 é maquinada, por exemplo, por torno que torneia numa forma cônica truncada, tal como se vê melhor na FIG. 6A, tendo um ângulo incluído  $\theta_1$ . A seguir, a ponta 62 é sujeita a um processo termo-mecânico de recalçamento a quente que deforma a ponta 62 numa forma mais cilíndrica, tal como se vê melhor na FIG. 6B. Um ângulo incluído maior  $\theta_1$  pode ser um resultado do processo termo-mecânico. Tipicamente, o processo termo-mecânico de recalçamento a quente deforma a ponta 62 de tal modo que a ponta 62 já não tem um ângulo incluído ou o ângulo incluído pode aproximar-se de  $180^\circ$  (por exemplo, a ponta 62 pode ter um aspecto substancialmente cilíndrico tal como mostrado na FIG. 6B). A gama de temperatura de processamento pode variar dependendo dos parâmetros tais como o processo termo-mecânico específico, o tamanho da peça, o material da peça, etc. Em certas concretizações, a temperatura de processamento pode estar acima da temperatura de transformação inferior, isto é, a temperatura  $AC_1$ , segundo a qual a estrutura do aço ferramenta constituinte começa a mudar de ferrite e carboneto para austenite que se aquece. O processo termo-mecânico de recalçamento a quente altera a microestrutura na ponta 62 de tal modo que as bandas de carboneto e/ou liga se desviam do alinhamento paralelo à linha central 22 que é característica do material antes do processo termo-mecânico ser realizado. Depois do processamento, todo ou uma porção da ponta 62 define a ponta 15 (FIG. 3) que contém as bandas de carboneto e/ou liga modificadas.

Com referência agora às FIGS. 6C e 6D nas quais números de referência semelhantes se referem a características semelhantes na FIG. 3 e, em conformidade, com uma outra concretização, a peça em branco 60 (mostrada na FIG. 6B) pode ser maquinada ou forjada a quente, depois do processo termo-mecânico de única fase, para formar uma peça em branco 70 que tem uma ponta 72 com uma forma cônica truncada. O ângulo

incluído inicial  $\theta_2$  na FIG. 6C da ponta 72 pode diferir do ângulo incluído  $\theta_1$  da ponta 62 da peça em branco 60. Por exemplo, o ângulo incluído inicial  $\theta_2$  da ponta 72 pode ser cerca de  $20^\circ$  e o ângulo incluído inicial  $\theta_1$  da ponta 62 pode ser cerca de  $16^\circ$ .

A seguir, a ponta 72 é sujeita a um segundo processo termo-mecânico de recalçamento a quente que deforma a ponta 72 numa forma mais cilíndrica, tal como se vê melhor na FIG. 6D. O segundo processo termo-mecânico de recalçamento a quente reduz o ângulo incluído  $\theta$  da ponta 72. A gama de temperatura de processamento pode variar dependendo dos parâmetros tais como o processo termo-mecânico específico, o tamanho da peça, o material da peça, etc. O segundo processo termo-mecânico de recalçamento a quente modifica ainda a microestrutura na ponta 72, o que pode actuar para aumentar mais o desvio das bandas de carboneto e/ou liga do alinhamento ao longo da linha central 22. A aplicação de processos termo-mecânicos múltiplos pode modificar a microestrutura da ponta 72 para melhorar mais o aperfeiçoamento nas propriedades mecânicas. Depois do processamento, toda ou uma porção da ponta 72 define a ponta 15 (FIG. 3) que contém as bandas de carboneto e/ou liga modificadas.

Depois do processo termo-mecânico ser utilizado para alterar o alinhamento das bandas de carboneto e/ou liga, pode ser utilizado um processo secundário para modificar mais a ponta 15 (FIG. 3) da ferramenta 10 para conformar a ponta 15 para uma aplicação particular ou para transmitir melhoramentos adicionais na vida da ferramenta. Por exemplo, e com referência à FIG. 5C, uma ponta 74 pode ser maquinada desde a ponta 42 mostrada na FIG. 5A. Além do mais, a ponta 74 pode incluir um recorte côncavo 76 adaptado para proporcionar uma acção de corte quando engatada de modo forçado com uma peça de obra. Embora as peças em branco ilustradas aqui sejam ilustradas como sendo conformadas em geral de modo cilíndrico, as peças em branco não estão limitadas às formas geralmente cilíndricas, dado que as outras formas serão suficientes ou podem ser necessárias dependendo, por exemplo, da aplicação final, da peça de obra, ou mesmo da matéria-prima em barra disponível.

Os processos secundários exemplificativos incluem a pulverização ou revestimento térmicos da superfície de trabalho da ferramenta 10 com um ou mais materiais resistentes ao desgaste. Outro processo secundário pode incluir a aplicação de um revestimento sobre a superfície de trabalho da ferramenta 10 através de técnicas de revestimento convencionais incluindo, mas não se limitando, a deposição física de vapor (PVD), a deposição química de vapor (CVD) ou revestimentos de banho de sais. Outras técnicas de modificação de superfície podem incluir técnicas de implantação de iões, endurecimento de superfície por laser ou plasma, nitruração ou carburação. Estas técnicas de modificação de superfície exemplificativas podem ser utilizadas para modificar uma camada de superfície na superfície de trabalho da ferramenta. São contemplados pelo invento processos secundários adicionais, tais como o polimento de aresta, para utilizar na modificação da superfície de trabalho da ferramenta 10. Além do mais, podem ser utilizados vários processos secundários diferentes em qualquer combinação para modificar mais a ponta 15.

A ferramenta 10 pode ter outras construções de punção que diferem da construção das concretizações representativas. Como exemplo, a ferramenta 10 pode ser configurada como uma lâmina, um punção de calço, um punção de pedestal, um punção redondo, etc. Muito embora a ferramenta 10 seja ilustrada como tendo uma construção consistente com um punção na concretização representativa, uma pessoa ordinariamente especialista irá entender que a ferramenta 10 pode ter outras construções. Em particular, a ferramenta 10 na forma de punção ou descascador pode ser aplicada em operações de estampagem e conformação de metal como a furação e a perfuração, obturação fina, conformação e extrusões ou cunhagem.

A ferramenta 10 também pode ter a construção de uma ferramenta de corte, tal como um escareador rotativo, um escareador não rotativo, um macho, um mandril, uma broca, uma fresa, etc. A ferramenta 10 pode ser utilizada em aplicações de fundição e moldagem, tais como a fundição em molde convencional, a fundição a alta pressão e a moldagem por

injecção. A ferramenta 10 também pode ser utilizada em aplicações de compactação de pó utilizadas em processos farmacêuticos, processos nutricionais, fabrico de baterias, cosméticos, indústrias de confecção, alimentar e de bebidas, e no fabrico de produtos para a casa e combustíveis nucleares, obtenção de placas de pré-forma, explosivos, munições, cerâmicas e outros produtos. A ferramenta 10 também pode ser utilizada em aplicações de automação e fixação de peças, tais como detalhes de localização ou de peças que se tocam.

Numa concretização do invento, a ferramenta 10 pode ser feita ao maquinar uma extremidade processada de modo termo-mecânico de uma ferramenta existente para definir uma ponta 15 disposta ao longo da linha central 22 com a haste 14, tal como a ponta 74 ilustrada na FIG. 5C. Devido ao processamento termo-mecânico anterior realizado na ferramenta existente e antes da maquinagem, a ponta 15 contém uma região L que tem uma microestrutura com bandas de carboneto e/ou liga que não estão substancialmente alinhadas com a linha central 22 da ponta 15. A ponta 15 pode ainda ser modificada por processamento termo-mecânico adicional para modificar mais o alinhamento das bandas de carboneto em relação à linha central 22 da ponta 15.

Numa outra concretização, a ferramenta 10 pode ser feita ao maquinar uma extremidade de uma ferramenta existente para definir a ponta 15 disposta ao longo da linha central 22 com a haste 14. A ponta 15 contém bandas de carboneto e/ou liga que estão alinhadas com a direcção de laminagem. A ponta 15 é processada de modo termo-mecânico para modificar um alinhamento das bandas de carboneto e/ou liga em relação à linha central 22 da ponta 15.

Vão ser descritos detalhes e concretizações preferidas adicionais do invento por meio dos exemplos que se seguem.

### **Exemplo 1**

Foi preparada uma peça em branco ou pré-forma cónica para um punção com uma geometria tal como mostrada na FIG. 4A. A peça em branco tinha um comprimento global de cerca de

4,25 polegadas e um diâmetro de cerca de 0,51 polegadas. A ponta tinha uma dimensão de comprimento de cerca de 0,7 polegadas com um ângulo incluído de cerca de  $16^\circ$ , de tal modo que a ponta afunilava para uma extremidade cega com um diâmetro de cerca de 0,070 polegadas. A peça em branco cônica era composta por um aço ferramenta tipo M2 laminado a quente. A ponta da peça em branco cônica foi processada de modo termo-mecânico utilizando um tipo de processo termo-mecânico de recalçamento a quente único. Especificamente, foi utilizada uma máquina de recalçamento a quente horizontal de cinquenta toneladas para processamento termo-mecânico da pré-forma. A pré-forma cônica foi localmente aquecida na ponta utilizando um aquecedor de indução numa temperatura de processamento alvo antes da ponta ser forjada com recalçamento a quente desde a forma cônica até uma forma cilíndrica. A temperatura de processamento da ponta estava numa gama de temperaturas de cerca de  $1652^\circ\text{F}$  (cerca de  $900^\circ\text{C}$ ) a cerca de  $1742^\circ\text{F}$  (cerca de  $950^\circ\text{C}$ ). As barras cilíndricas processadas foram então utilizadas para fabricar de modo convencional uma ferramenta que tem a forma de um punção. Teve-se cuidado durante o fabrico da ferramenta para se ter a certeza que a aresta de trabalho de ferramenta, isto é, a aresta de ferramenta e a superfície de trabalho que contactam com a peça de obra durante a utilização, se encontrava na secção processada.

Depois do processamento termo-mecânico, a ponta foi seccionada de modo longitudinal aproximadamente ao longo da linha central utilizando uma serra de diamantes, esmerilada e polida utilizando técnicas de preparação de amostra metalográfica normalizada. A amostra polida foi atacada utilizando uma solução a 3% de nital (isto é, ácido nítrico a 3% do volume e o resto metanol), enxaguada e seca.

A FIG. 7 representa uma micrografia óptica da amostra atacada tirada com um estereoscópio numa ampliação de 14X. A micrografia óptica na FIG. 7, assim como as outras micrografias ópticas aqui, foram convertidas numa imagem de escala de cinzentos. Em adição, algumas das micrografias ópticas aqui foram embelezadas com linhas destinadas a guiar o olho. Contudo, a adição das linhas de guia não alterou a informação contida na imagem original.



Tal como é prontamente aparente na FIG. 7, a microestrutura na secção não processada (distante da caixa sombreada) mostra um bandejamento de carboneto e/ou liga unidireccional similar à FIG. 1. Contudo, o bandejamento de carboneto e/ou liga na secção processada (incluída dentro da caixa sombreada) foi modificado para realinhar as bandas de carboneto e/ou liga, de modo que as bandas de carboneto e/ou liga não fiquem alinhadas com a linha central da pré-forma, o que se crê que conduza a um melhoramento nas propriedades mecânicas. A modificação das bandas de carboneto e/ou liga é aparente a partir de uma comparação entre as secções processadas e não processadas na FIG. 7.

Num outro exemplo similar, a ferramenta preparada em conformidade com o Exemplo 1 foi tratada com calor e temperada três vezes. A seguir a esta preparação, a ferramenta foi cortada e um dos provetes cortados foi polido e depois atacado com uma solução a 3% de nital. As micrografias ópticas a cerca de 100X, tal como se mostra nas FIGS. 7A e 7B, do provete foram tiradas em áreas similares às mostradas na FIG. 7 (tal como indicado pelas áreas envolvidas 7A e 7B, respectivamente). A superfície de trabalho da ponta de uma ferramenta feita a partir desta peça em branco processada encontra-se na face terminal da região processada e a ponta tem uma linha central substancialmente tal como indicado na FIG. 7.

Com referência agora à FIG. 7A, é proporcionada uma vista ampliada de uma secção processada da ferramenta. Tal como é aparente a partir das FIGS. 7 e 7A, o bandejamento de carboneto/liga não está substancialmente alinhado com o eixo longitudinal da ferramenta (representada pela linha central,  $C_L$ , na FIG. 7). Além do mais, as medições do espaçamento inter-bandas na FIG. 7A (é mostrada na FIG. 7A uma medição exemplificativa que se prolonga de uma banda clara até uma banda clara adjacente), feitas em conformidade com os procedimentos descritos com referência à FIG. 1A, indicam um espaçamento inter-bandas médio de aproximadamente 87  $\mu\text{m}$  com um desvio padrão da média de aproximadamente 13  $\mu\text{m}$ .

A FIG. 7B é uma outra vista ampliada de uma área diferente da área ilustrada na FIG. 7A da secção processada da ferramenta tal como se ilustra na FIG. 7. As medições de espaçamento inter-bandas do bandejamento de carboneto/liga da FIG. 7B indicam um espaçamento médio inter-bandas de aproximadamente 68  $\mu\text{m}$  com um desvio padrão da média de cerca de 12  $\mu\text{m}$ . Em contraste, as medições do espaçamento inter-bandas de uma secção não processada da ferramenta indicam um espaçamento similar ao proporcionado na descrição da FIG. 1A. A secção não processada da ferramenta, por conseguinte, parece inalterada da condição de estado bruto de laminagem. Com referência às medições de espaçamento médio inter-bandas, proporcionadas com referência às FIGS. 7A e 7B, as secções processadas são caracterizadas em cerca de uma diminuição de 150% a 200% no espaçamento inter-bandas em comparação com a secção em estado bruto de laminagem ou não processada na mesma ferramenta. Por outras palavras, o espaçamento inter-bandas na secção processada é menor do que o espaçamento inter-bandas na secção não processada.

Em adição, a partir das medições também se crê que existe ali um gradiente no espaçamento inter-bandas desde uma superfície periférica até um eixo longitudinal da ferramenta. Por exemplo, na concretização exemplificativa ilustrada na FIG. 3, numa secção processada, o espaçamento inter-bandas pode aumentar gradualmente ao longo de uma linha radial desde a superfície periférica exterior até um ponto médio radial e depois diminuir desde o ponto médio radial até ao centro da ferramenta. Um outro gradiente no espaçamento inter-bandas pode ser observado ao longo de uma direcção paralela a, e posicionada radialmente a partir do eixo longitudinal através da secção processada para a secção não processada. Por exemplo, começando numa superfície de trabalho, o espaçamento inter-bandas pode diminuir inicialmente através da secção processada e depois aumentar à medida que a secção não processada se aproxima. Espera-se que um espaçamento inter-bandas similar venha a ser observado para ferramentas feitas através de metalúrgia de pó.

### **Exemplo 2**

Uma peça em branco cônica e processo similar ao descrito no Exemplo 1 foi fabricada excepto que foi realizado um processo termo-mecânico de recalçamento a quente adicional. A FIG. 8 mostra uma micrografia óptica de um provete ou pré-forma de matéria-prima de barra em estado bruto de laminagem depois de ser sujeito a dois processos termo-mecânicos de recalçamento a quente discretos. A microestrutura na secção não processada (distante da caixa sombreada) mostra o bandeamento de carboneto e/ou liga unidireccional similar à FIG. 1. Contudo, o bandeamento de carboneto e/ou liga na secção processada (envolvido dentro da caixa sombreada) foi modificado para alinhar novamente as bandas de carboneto e/ou liga, de modo que as bandas de carboneto e/ou liga não fiquem alinhadas com a linha central da pré-forma, o que se crê que conduza a um melhoramento nas propriedades mecânicas. A modificação das bandas de carboneto e/ou liga é aparente a partir de uma comparação entre as secções processada e não processada na FIG. 8. Também se crê que dois processos termo-mecânicos de recalçamento a quente discretos diminuam o espaçamento inter-bandas em comparação com a ferramenta preparada de acordo com o Exemplo 1 em, por exemplo, pelo menos 50%. A superfície de trabalho da ponta de uma ferramenta feita a partir desta peça em branco processada na face terminal da região processada e a ponta tem uma linha central substancialmente tal como indicada na FIG. 8.

### **Exemplo 3**

A FIG. 9 mostra uma micrografia óptica de um provete ou pré-forma de matéria-prima de barra em estado bruto de laminagem de aço ferramenta de qualidade M4 metalúrgico de pó depois do processamento termo-mecânico utilizando um processo único de recalçamento a quente. A microestrutura na secção não processada (distante da caixa sombreada) mostra um bandeamento de carboneto e/ou liga unidireccional similar à FIG. 2. Contudo, o bandeamento de carboneto e/ou liga na secção processada (envolvido dentro da caixa sombreada) foi modificado para alinhar de novo as bandas de carboneto e/ou liga, de modo que as bandas de carboneto e/ou liga não fiquem alinhadas com a linha central da pré-forma, o que se crê que

conduza a um melhoramento nas propriedades mecânicas. A modificação das bandas de carboneto e/ou liga é aparente a partir de uma comparação entre as secções processada e não processada na FIG. 9. A superfície de trabalho da ponta de uma ferramenta feita a partir desta peça em branco processada encontra-se na face terminal da região processada e a ponta tem uma linha central substancialmente tal como indicado na FIG. 9.

### **Exemplo comparativo 1**

A FIG. 10 mostra uma micrografia de uma peça em branco de matéria-prima de barra em estado bruto de laminagem típica depois do forjagem da cabeça ou recalçamento da cabeça para formar uma cabeça em conformidade com a arte anterior. Na forjagem da cabeça, a cabeça é deformada de tal modo que uma dimensão global é expandida. Por exemplo, uma pré-forma de aço de diâmetro de 0,5 polegadas pode ser forjada na cabeça de tal modo que a cabeça tenha um diâmetro de 0,625 polegadas. A cabeça formada por forjagem da cabeça é utilizada para acoplar a ferramenta resultante a um dispositivo de retenção de ferramenta de uma máquina de trabalhar metal. Quando a ferramenta é utilizada, a cabeça da ferramenta que tenha uma microestrutura ou bandeamento de liga mostrado na FIG. 10 não entra em contacto com a peça de obra ou realiza de qualquer maneira qualquer operação na peça de obra. O processo de forjagem a quente é uma forma de produzir a cabeça da ferramenta mas nem todas as ferramentas precisam de uma cabeça conformada. A microestrutura na secção de cabeça forjada mostra um bandeamento de carboneto e/ou liga unidireccional geralmente paralelo à linha central do provete e a direcção de laminagem similar às bandas de carboneto e/ou liga alinhadas visíveis na FIG. 1.

Com referência agora à FIG. 10A, o bandeamento de carboneto e/ou liga na secção de cabeça forjada é modificado pelo forjagem da cabeça para ter um padrão mais amplamente espaçado com separações maiores entre as bandas de carboneto e/ou liga adjacentes. Por outras palavras, um espaçamento inter-bandas entre as bandas adjacentes é maior na secção de cabeça forjada do que na secção não processada. As medições do espaçamento inter-bandas na região de cabeça forjada

mostrada na FIG. 10A indicam um espaçamento médio inter-bandas nesta área de aproximadamente 162  $\mu\text{m}$  com um desvio padrão da média de aproximadamente 5  $\mu\text{m}$ . Durante a forjagem da cabeça, uma cabeça conformada de modo cilíndrico deforma-se num cilindro de maior diâmetro com as bandas de carboneto e/ou liga a serem deslocadas radialmente. Uma vez que o diâmetro final da secção de cabeça forjada é maior do que o diâmetro inicial da pré-forma, as bandas de carboneto e/ou liga podem espalhar-se em proporção em relação à expansão radial global.

#### **Exemplo 4 e exemplo comparativo 2**

Foram formados punções a partir de pré-formas dos Exemplos 1 e 2 com a superfície de trabalho e a porção subjacente do corpo formadas a partir de aço ferramenta de qualidade M2 modificado de modo termo-mecânico. Os punções foram utilizados para furar furos de diâmetro de 0,5 polegadas em peças de obra que compreendem aço para trilho de resistência a cedência de 125 000 psi relaminado de espessura 0,125 polegadas. Dois parâmetros, o número de ciclos ou peças/pancadas e a altura de rebarba (ambos em geral aceites como indicadores normalizados da vida e desgaste da ferramenta na indústria da conformação de metal) foram utilizados como marca de nível nesta aplicação de furação. Durante a utilização, os punções foram retidos utilizando um mecanismo de retenção de ferramenta de bloqueio de esfera.

Tal como mostrado na FIG. 11, o punção feito a partir da pré-forma modificada de modo termo-mecânico do Exemplo 1 exibiu um melhoramento da vida útil da ferramenta em cerca de 3,1 vezes em comparação com um punção comparável fabricado a partir de aço ferramenta de qualidade M2 em estado bruto de laminagem. Especificamente, e tal como é aparente na FIG. 11, o punção de aço de qualidade M2 convencional durou 8000 pancadas enquanto o punção de aço de qualidade M2 modificado feito a partir da pré-forma do Exemplo 1 durou 24800 pancadas e o punção de aço de qualidade M2 modificado feito a partir da pré-forma do Exemplo 2 durou cerca de 34000 pancadas.

Tal como mostrado nas FIGS. 12 e 13A-C, melhoramentos similares na resistência ao desgaste e retenção de aresta

também são evidentes para punções processados de modo termo-mecânico em comparação com o punção convencional. Os punções de aço ferramenta de qualidade M2 processados de modo termo-mecânico exibiram uma taxa de desgaste mais lenta, tal como indicado pela inclinação mais pequena, e melhor retenção de aresta do que as ferramentas M2 convencionais tal como está graficamente ilustrado na FIG. 12. Esta taxa de desgaste mais lenta pode ser favorecida em aplicações de alta precisão, em que tais ferramentas processadas de modo termo-mecânico podem melhorar de modo significativo a consistência da operação de trabalho em metal sobre toda a vida útil da ferramenta em comparação com os punções convencionais.

Tal como é aparente a partir das FIGS. 13A-C, a aresta do punção de aço ferramenta de qualidade M2 convencional (mostrado na micrografia electrónica da FIG. 13B) experimenta um desgaste adesivo e abrasivo severo típico na aplicação de conformação de metal, enquanto a aresta da ferramenta M2 processada (mostrada na micrografia electrónica da FIG. 13C) experimentou um desgaste abrasivo menor em comparação. Os punções foram avaliados no fim da vida útil de cada respectiva ferramenta.

Estes melhoramentos na vida e resistência ao desgaste da ferramenta resultam do realinhamento das bandas de carboneto e/ou liga numa direcção diferente da direcção de carregamento primária, que está alinhada em geral com a linha central ou eixo longitudinal de um punção, e potenciais contribuições menores de mecanismos secundários. O realinhamento das bandas de carboneto e/ou liga reduzem de modo significativo a probabilidade de falha ao longo da aresta de trabalho, embora melhorem a vida da ferramenta, retenção de aresta e resistência ao desgaste. Os melhoramentos na vida e resistência ao desgaste da ferramenta também podem resultar de um aumento na densidade do espaçamento inter-bandas na secção processada.

### **Exemplo 5**

A peça em branco ou pré-forma cónica foi preparada com uma geometria tal como mostrada na FIG. 4A. A peça em branco tinha um comprimento global de cerca de 5,3 polegadas e um

diâmetro de cerca de 0,76 polegadas. A ponta tinha uma dimensão de comprimento de cerca de 0,74 polegadas com um ângulo incluído de cerca de 24°, de tal modo que a ponta afunilava para uma extremidade cega que tinha um diâmetro de cerca de 0,105 polegadas. A peça em branco cônica era composta por um aço ferramenta tipo M4 de metal em pó laminado a quente. A ponta da peça em branco cônica foi processada de modo termo-mecânico utilizando um tipo de processo termo-mecânico de único recalçamento a quente tal como descrito no Exemplo 1. A pré-forma foi formada num escareador com a extremidade de trabalho a conter o material processado de modo termo-mecânico. A construção do escareador está mostrada na FIG. 15A com a configuração de secção transversal mostrada na FIG. 15B. O escareador foi utilizado para fazer formas de estrias de diâmetro de 0,883 polegadas em peças de obra constituídas por aço de resistência à cedência de 85000 psi estirado a frio com a extremidade de trabalho a contactar as peças de obra. A vida da ferramenta, uma norma convencionalmente aceite para o processo de maquinagem, foi utilizada para marcar o nível de um escareador fabricado de acordo com uma concretização aqui descrita contra um escareador convencional. Durante a utilização, cada escareador foi retido utilizando um mecanismo de retenção de ferramenta de entalhe de apito.

Tal como mostrado na FIG. 14, o escareador com a ponta de trabalho processada de modo termo-mecânico (etiquetada "PM-M4[Recalque único]" e caracterizada pelo bandeamento de carboneto e/ou liga modificado) exibiu um melhoramento na vida útil da ferramenta em cerca de 1,75 vezes a vida útil de um escareador convencional formado a partir de aço ferramenta de metal de pó de qualidade M4 em estado bruto de laminagem que tem bandas de carboneto e/ou liga alinhadas tal como mostrado na FIG. 2. Especificamente, o escareador convencional durou cerca de 2835 ciclos e o escareador processado de modo termo-mecânico durou cerca de 4953 ciclos. No fim das suas vidas úteis, tal como é aparente a partir de uma comparação da FIG. 15C com a FIG. 15E e da FIG. 15D com a FIG. 15F, o escareador convencional também exibiu regiões de falha catastrófica e fraca retenção de aresta significativamente mais elevados em comparação com o

escareador com a ponta de trabalho processada de modo termo-mecânico.

Estes melhoramentos na vida útil e resistência ao desgaste resultam do realinhamento das bandas de carboneto e/ou liga em relação à condição de laminado a quente e potenciais contribuições menores de mecanismos secundários. O realinhamento das bandas de carboneto e/ou liga reduz significativamente a probabilidade de falha ao longo das arestas de trabalho do escareador, ao mesmo tempo que melhora a vida da ferramenta, a retenção da aresta e a resistência ao desgaste. Num escareador, a carga é aplicada num ângulo em relação às bandas de carboneto e/ou liga, de modo que a direcção de carga não fica substancialmente alinhada com as bandas de carboneto e/ou liga. Outros factores que podem melhorar a vida útil e a resistência ao desgaste da ferramenta incluem um aumento na densidade do espaçamento inter-bandas na secção processada em relação à secção não processada da ferramenta.

Embora o invento tenha sido ilustrado por uma descrição das várias concretizações e embora estas concretizações tenham sido descritas em considerável detalhe, surgirão prontamente vantagens e modificações adicionais para aqueles que são especialistas na arte.

Lisboa, 2011-07-18



### REIVINDICAÇÕES

1 - Ferramenta (10, 43, 48) para utilizar numa máquina para modificar uma peça de obra, compreendendo a ferramenta um componente formado a partir de um aço ferramenta, incluindo o componente uma superfície de trabalho (18, 44, 56) adaptada para contactar com a peça de obra; uma primeira região por baixo da superfície de trabalho (18, 44, 56), tendo o aço ferramenta na primeira região uma microestrutura que contém uma pluralidade de bandas de carboneto ou uma pluralidade de bandas de liga que não estão alinhadas de modo unidireccional, em que cada uma da pluralidade de bandas de carboneto ou cada uma da pluralidade de bandas de liga tem um ângulo de inclinação positivo sobre uma porção da primeira região e um ângulo de inclinação negativo sobre uma outra porção da primeira região, em que a transição entre o ângulo de inclinação positivo e o ângulo de inclinação negativo é contínua, e uma segunda região que inclui uma microestrutura que contém uma outra pluralidade de bandas de carboneto ou uma outra pluralidade de bandas de liga, estando as bandas de carboneto ou as bandas de liga na primeira região comprimidas de modo mais apertado conjuntamente do que as bandas de carboneto ou as bandas de liga na segunda região, de tal modo que as bandas de carboneto ou as bandas de liga na primeira região têm uma densidade média que é maior do que a densidade média das bandas de carboneto ou das bandas de liga na segunda região.

2 - Ferramenta da reivindicação 1, em que a superfície de trabalho (18, 44, 56) tem uma superfície normal, e as bandas de carboneto ou as bandas de liga estão alinhadas numa direcção que não é paralela à superfície normal.

3 - Ferramenta da reivindicação 1 ou da reivindicação 2, em que o componente é alongado, incluindo o componente alongado um eixo longitudinal (22), uma haste (14) configurada para ser acoplada à máquina, e uma ponta (15, 42, 54, 74) espaçada ao longo do eixo longitudinal (22) a partir da haste (14), incluindo a ponta (15, 42, 54, 74) a superfície de trabalho (18, 44, 56), e a primeira região próxima, as bandas de carboneto ou as bandas de liga na primeira região não substancialmente alinhadas com o eixo

longitudinal (22), e estando a segunda região justaposta com a primeira região e entre a primeira região e a haste (14).

4 - Ferramenta da reivindicação 3, em que as bandas de carboneto ou as bandas de liga da segunda região estão substancialmente alinhadas com o eixo longitudinal (22).

5 - Ferramenta da reivindicação 4, em que cada uma das bandas de carboneto ou das bandas de liga na primeira região é contínua com uma respectiva das bandas de carboneto ou das bandas de liga na segunda região.

6 - Ferramenta da reivindicação 3, em que as bandas de carboneto ou as bandas de liga na primeira região intersectam a superfície de trabalho (18, 44, 56, 74).

7 - Ferramenta da reivindicação 6, em que as bandas de carboneto ou as bandas de liga na primeira região intersectam a superfície de trabalho (18, 44, 56) num ângulo não perpendicular em relação a um plano da superfície de trabalho (18, 44, 56).

8 - Ferramenta da reivindicação 6, em que a primeira região se prolonga desde a superfície de trabalho (18, 44, 56) até à ponta (15, 42, 54, 74) numa profundidade em relação à superfície de trabalho (18, 44, 56) que vai de cerca de 0,125 polegadas (cerca de 0,3175 centímetros) a cerca de 0,25 polegadas (cerca de 0,635 centímetros).

9 - Ferramenta da reivindicação 6, em que a primeira região se prolonga desde a superfície de trabalho (18, 44, 56) até à ponta numa profundidade em relação à superfície de trabalho (18, 44, 56) de pelo menos cerca de 0,001 polegadas (cerca de 0,00254 centímetros).

10 - Ferramenta da reivindicação 3, em que a primeira região está enterrada na ponta (15, 42, 54, 74) por baixo da superfície de trabalho (18, 44, 56).

11 - Ferramenta da reivindicação 3, em que a haste (14) inclui uma estrutura de retenção de ferramenta configurada

para acoplar o componente alongado com um suporte de ferramenta da máquina.

12 - Ferramenta da reivindicação 3, em que o eixo longitudinal (22) intersecta a superfície de trabalho (18, 44, 56).

13 - Ferramenta da reivindicação 1, em que as bandas de carboneto adjacentes ou bandas de liga adjacentes na primeira região estão espaçadas num espaçamento inter-bandas e o espaçamento inter-bandas aumenta ao longo de uma linha radial desde a superfície periférica exterior da ferramenta (10, 43, 48) até um ponto médio radial entre a superfície periférica exterior e o eixo longitudinal e depois diminui desde o ponto médio radial até ao centro da ferramenta (10, 43, 48).

14 - Ferramenta de qualquer reivindicação precedente, em que o aço ferramenta é formado a partir de um material de metal em pó.

15 - Método de fazer uma ferramenta, compreendendo o método:

fabricar uma pré-forma de aço ferramenta (30, 34, 38, 60, 70) que tem uma haste e uma ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) dispostas ao longo de um eixo longitudinal (22), tendo o aço ferramenta da ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) uma microestrutura com uma pluralidade de bandas de carboneto ou uma pluralidade de bandas de liga que têm uma primeira densidade;

processar de modo termo-mecânico a ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) da pré-forma (30, 34, 38, 60, 70) para definir uma primeira região na ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72), de tal modo que as bandas de carboneto ou as bandas de liga na primeira região não estão alinhadas unidireccionalmente e cada uma das bandas de carboneto ou cada uma das bandas de liga na primeira região tem um ângulo de inclinação positivo sobre uma primeira porção da primeira região e um ângulo de inclinação negativo sobre uma segunda porção da primeira região, em que a transição entre o ângulo de inclinação positivo e o ângulo de inclinação negativo é contínua e a distância entre as bandas de carboneto ou as bandas de liga é reduzida, resultando numa segunda densidade maior do que a

primeira densidade, e em que o processamento de modo termo-mecânico inclui aquecer a ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) até uma temperatura de processamento e, enquanto a ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) se encontra na temperatura de processamento, aplica-se uma força à ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) para deformar a primeira região; e

acabar a pré-forma na ferramenta (10, 43, 48) com a primeira região da ponta a definir uma superfície de trabalho (18, 44, 56) da ferramenta (10, 43, 48).

16 - Método da reivindicação 15, em que as bandas de carboneto ou as bandas de liga, na primeira região, estão comprimidas de modo mais apertado conjuntamente do que uma outra pluralidade de bandas de carboneto ou uma outra pluralidade de bandas de liga numa segunda região justaposta com a primeira região.

17 - Método da reivindicação 15, em que fabricar a pré-forma compreende ainda:

formar a ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) com um perfil de secção transversal visto ao longo do eixo longitudinal que é mais pequeno em área do que um perfil de secção transversal da haste.

18 - Método da reivindicação 17, em que processar de modo termo-mecânico a ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) compreende ainda:

aumentar a área do perfil de secção transversal da ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) quando a ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) é processada de modo termo-mecânico.

19 - Método da reivindicação 17, em que a ponta (32, 36, 40, 62, 72) tem uma forma troncónica ou de bala com um ângulo incluído, e o processamento de modo termo-mecânico da ponta (32, 36, 40, 62, 72) compreende ainda:

aumentar o ângulo incluído da ponta (32, 36, 40, 62, 72) quando a ponta (32, 36, 40, 62, 72) é processada de modo termo-mecânico.

20 - Método da reivindicação 15, em que a ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) é processada de modo termo-mecânico por um processo de forjagem.

21 - Método da reivindicação 20, em que o processo de forjagem é seleccionado do grupo que consiste na forjagem radial, laminagem anelar, forjagem rotativa, estampagem, tixoconformação, conformação em fase austenítica, recalçamento a frio/quente e suas combinações.

22 - Método da reivindicação 15, em que as bandas de carboneto ou as bandas de liga na ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) da pré-forma (30, 34, 38, 60, 70) estão substancialmente alinhadas com o eixo longitudinal (22) da ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) antes da ponta (32, 36, 40, 54, 62, 72) ser processada de modo termo-mecânico.

23 - Método da reivindicação 15, em que o acabamento da pré-forma (30, 34, 38, 60, 70) na ferramenta (10, 43, 48) compreende ainda:

modificar a haste (14) de modo a incluir uma estrutura de retenção de ferramenta.

24 - Método da reivindicação 15, em que processar de modo termo-mecânico a ponta (62) da pré-forma (60) compreende ainda:

processar de modo termo-mecânico a ponta (62) com um primeiro processo termo-mecânico para definir a primeira região no aço ferramenta;

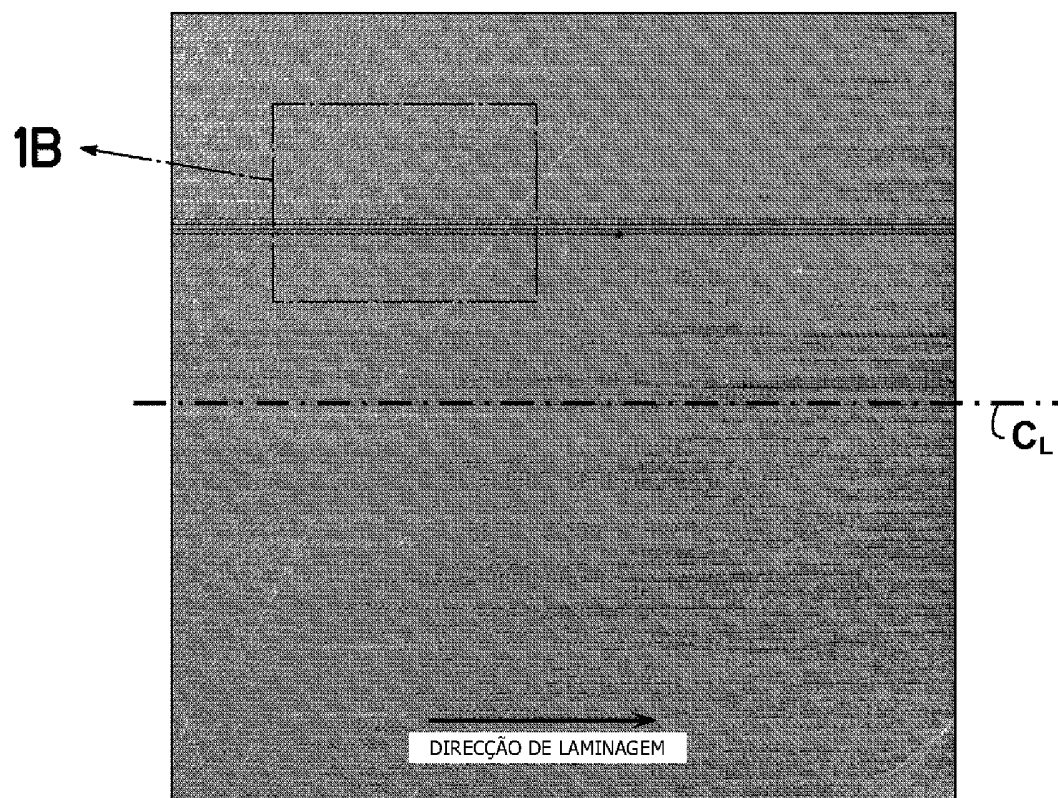
modificar uma forma da ponta (62) da pré-forma (60); e

processar de modo termo-mecânico a ponta (62) com um segundo processo termo-mecânico para desalinhar ainda uma orientação das bandas de carboneto ou das bandas de liga na primeira região em relação ao eixo longitudinal da ponta.

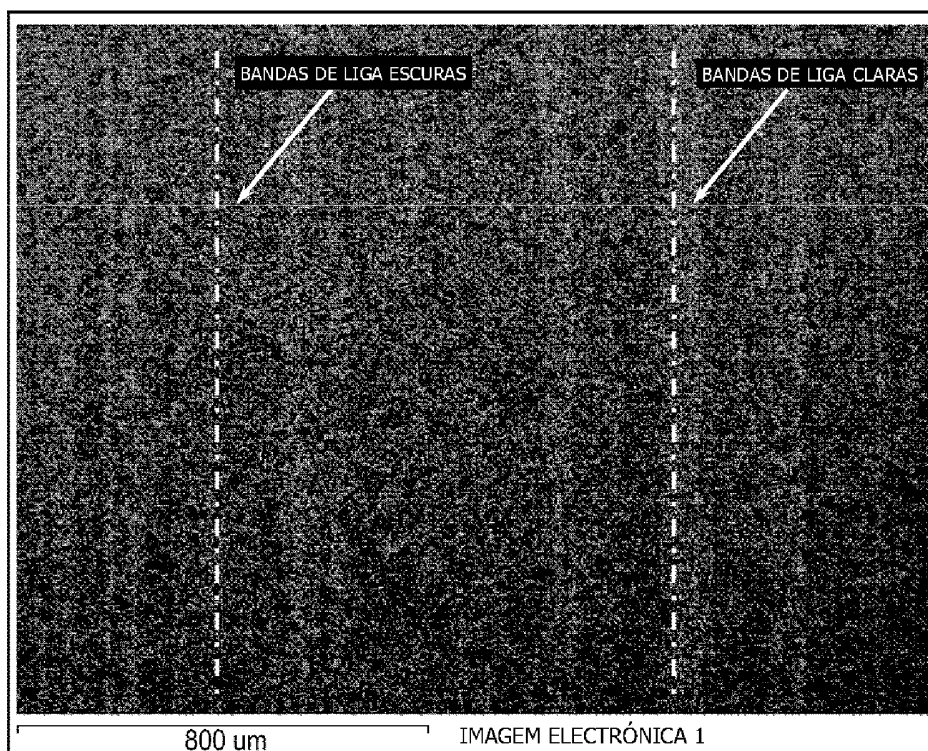
25 - Método da reivindicação 24, em que modificar a ponta compreende ainda:

maquinar ou forjar a ponta (62) da pré-forma (60).

26 - Método da reivindicação 15, em que a temperatura de processamento está acima da temperatura de transformação inferior do aço ferramenta.

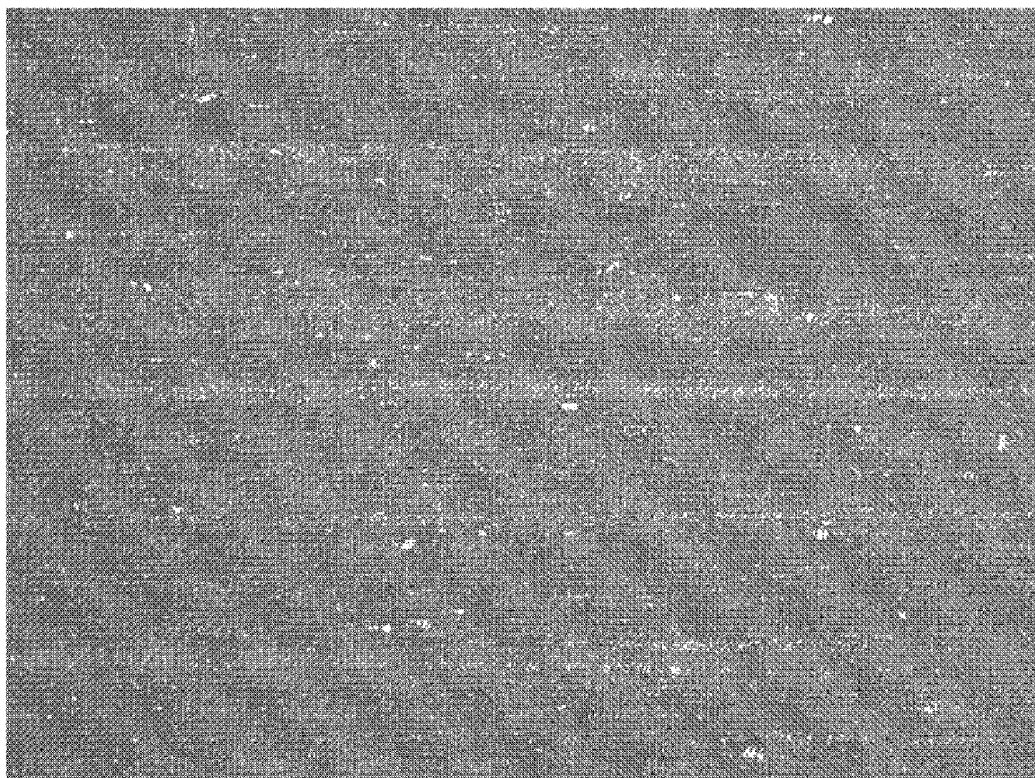


ARTE ANTERIOR

**FIG. 1**

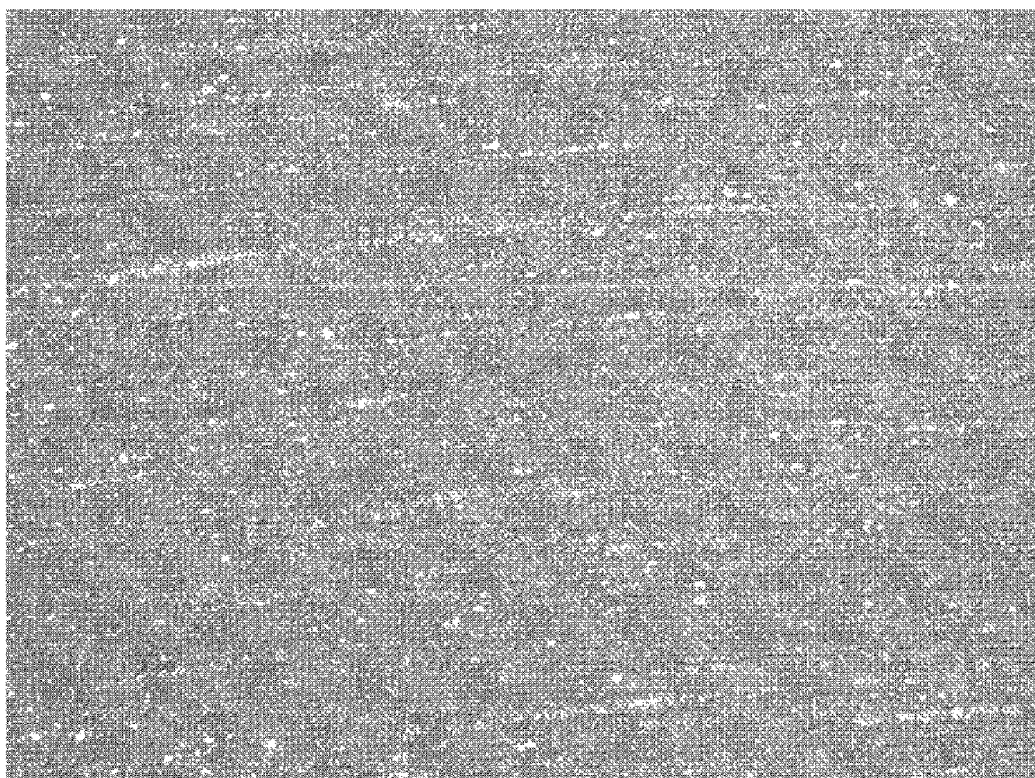
ARTE ANTERIOR

**FIG. 1A**



ARTE ANTERIOR

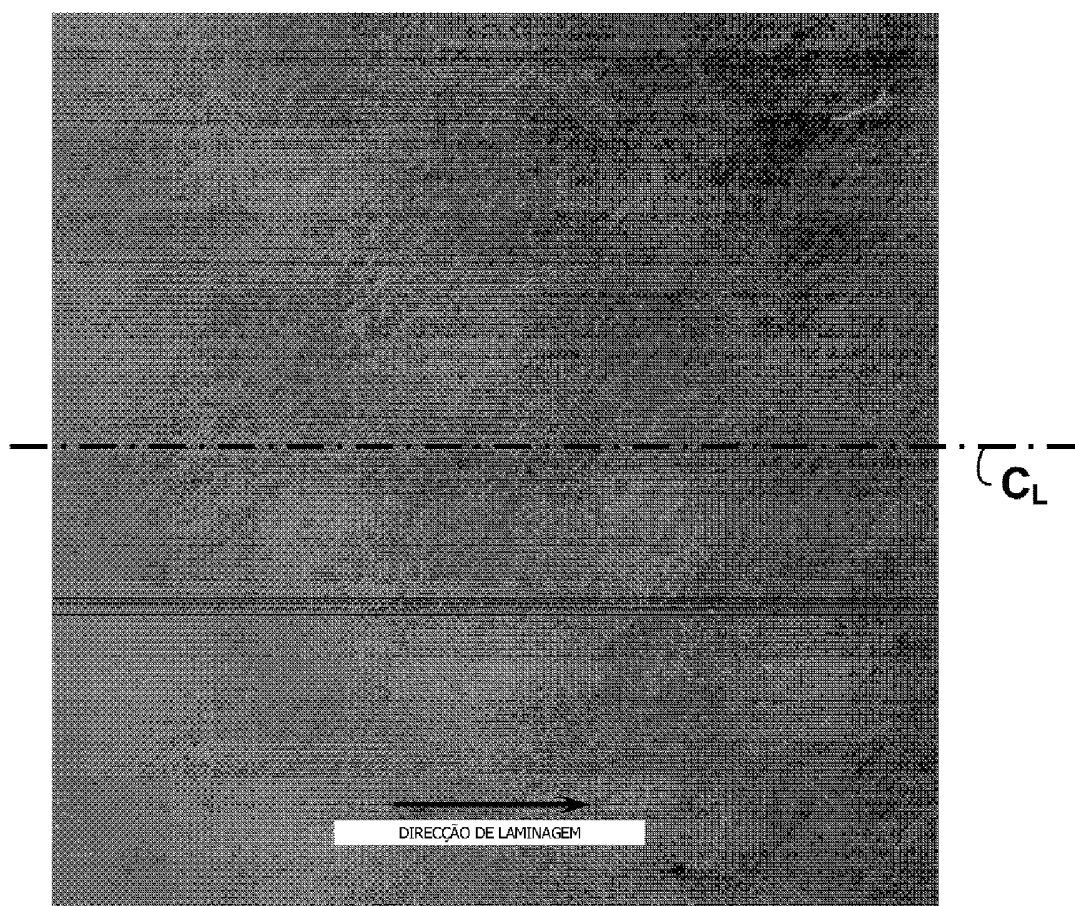
**FIG. 1B**



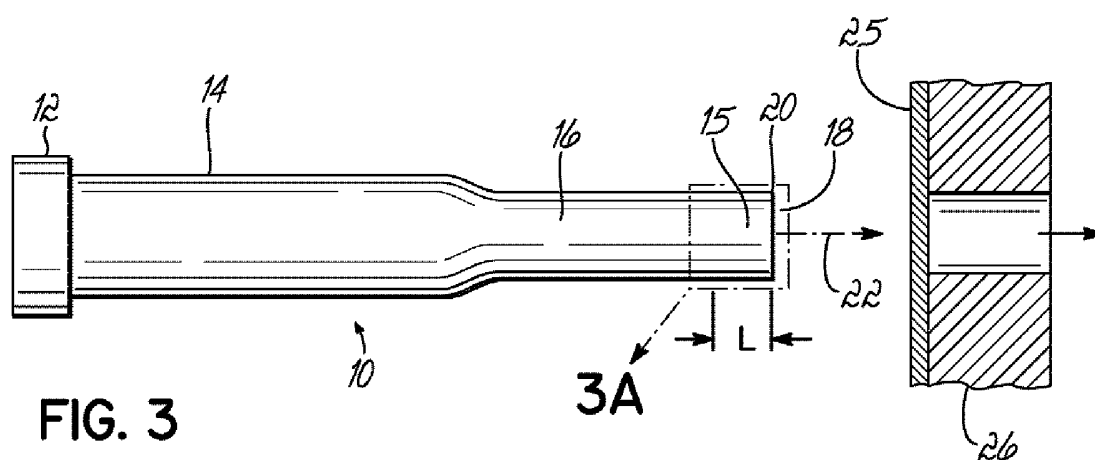
ARTE ANTERIOR

**FIG. 10A**

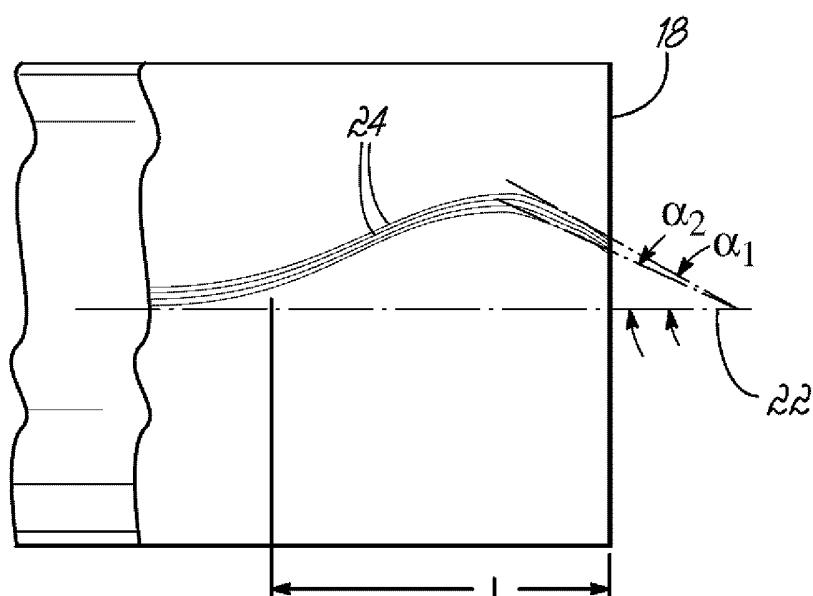


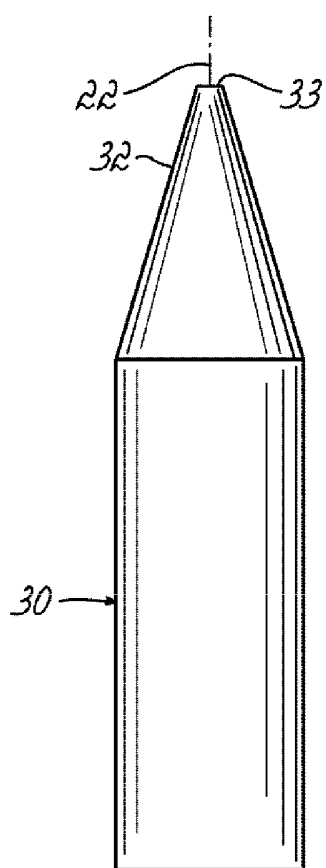


ARTE ANTERIOR

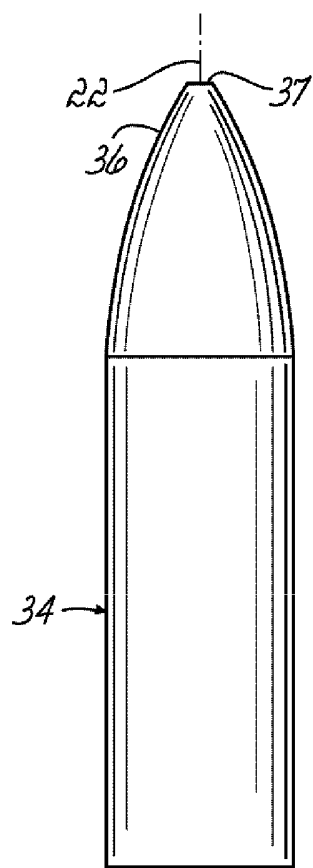
**FIG. 2****FIG. 3**



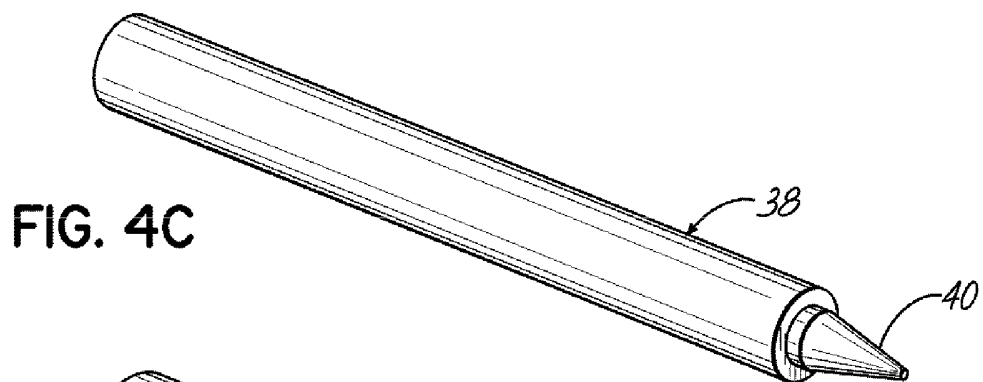
**FIG. 3A**



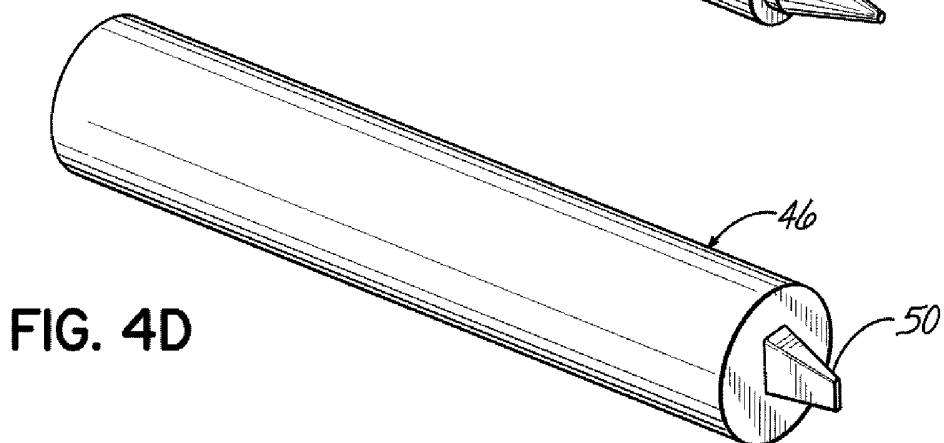
**FIG. 4A**



**FIG. 4B**



**FIG. 4C**



**FIG. 4D**

FIG. 5A

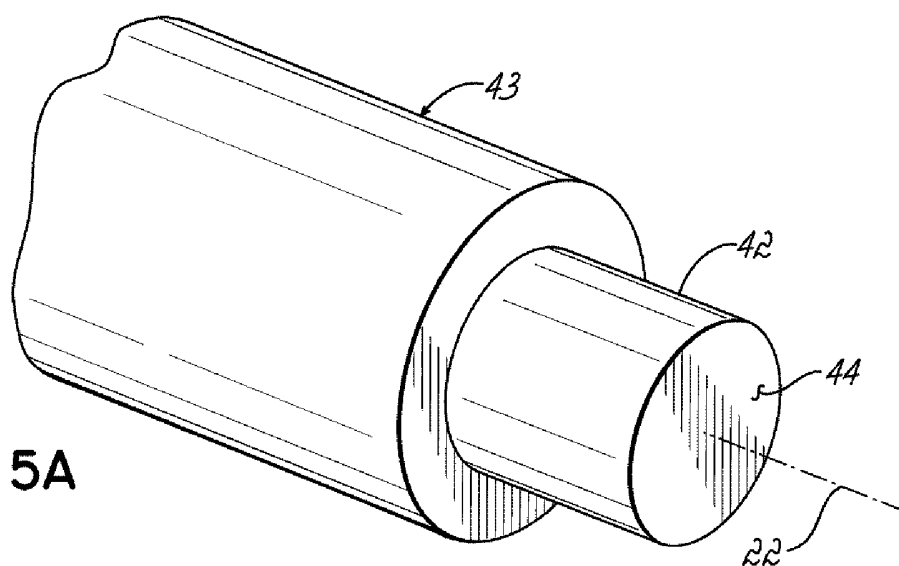


FIG. 5B

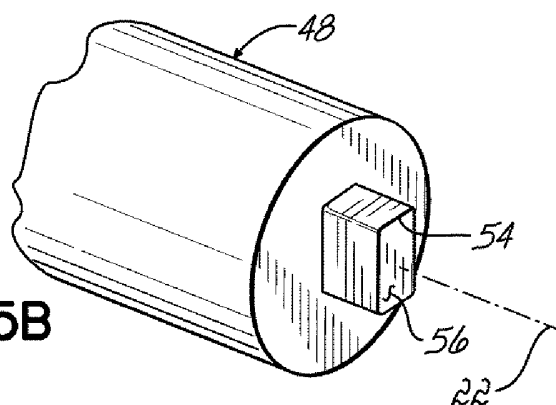
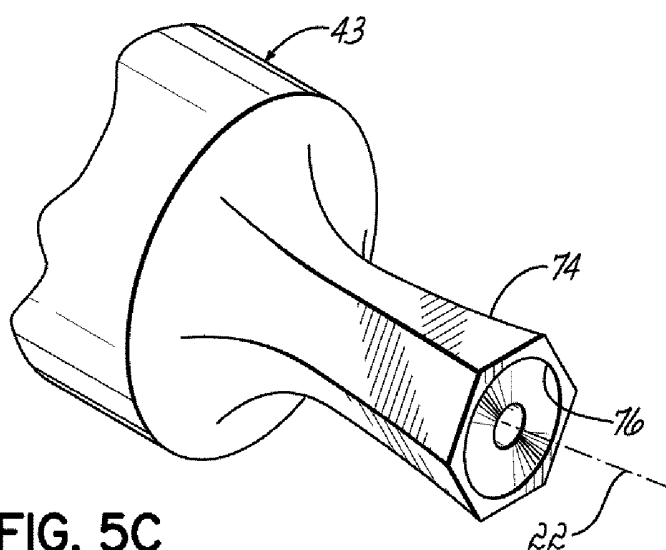


FIG. 5C



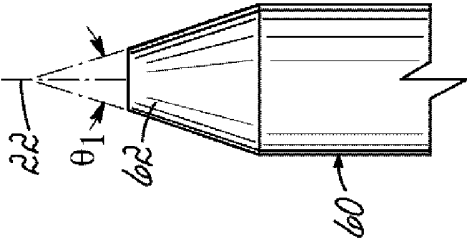


FIG. 6A

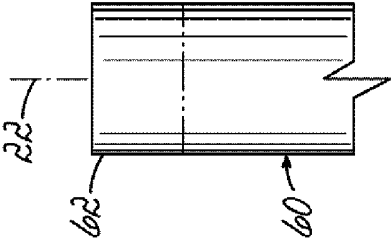


FIG. 6B

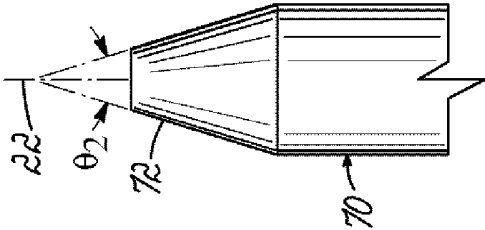


FIG. 6C

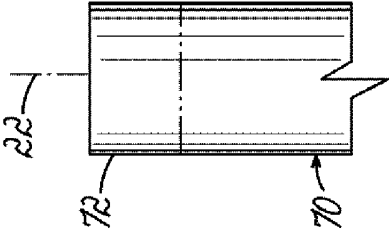


FIG. 6D

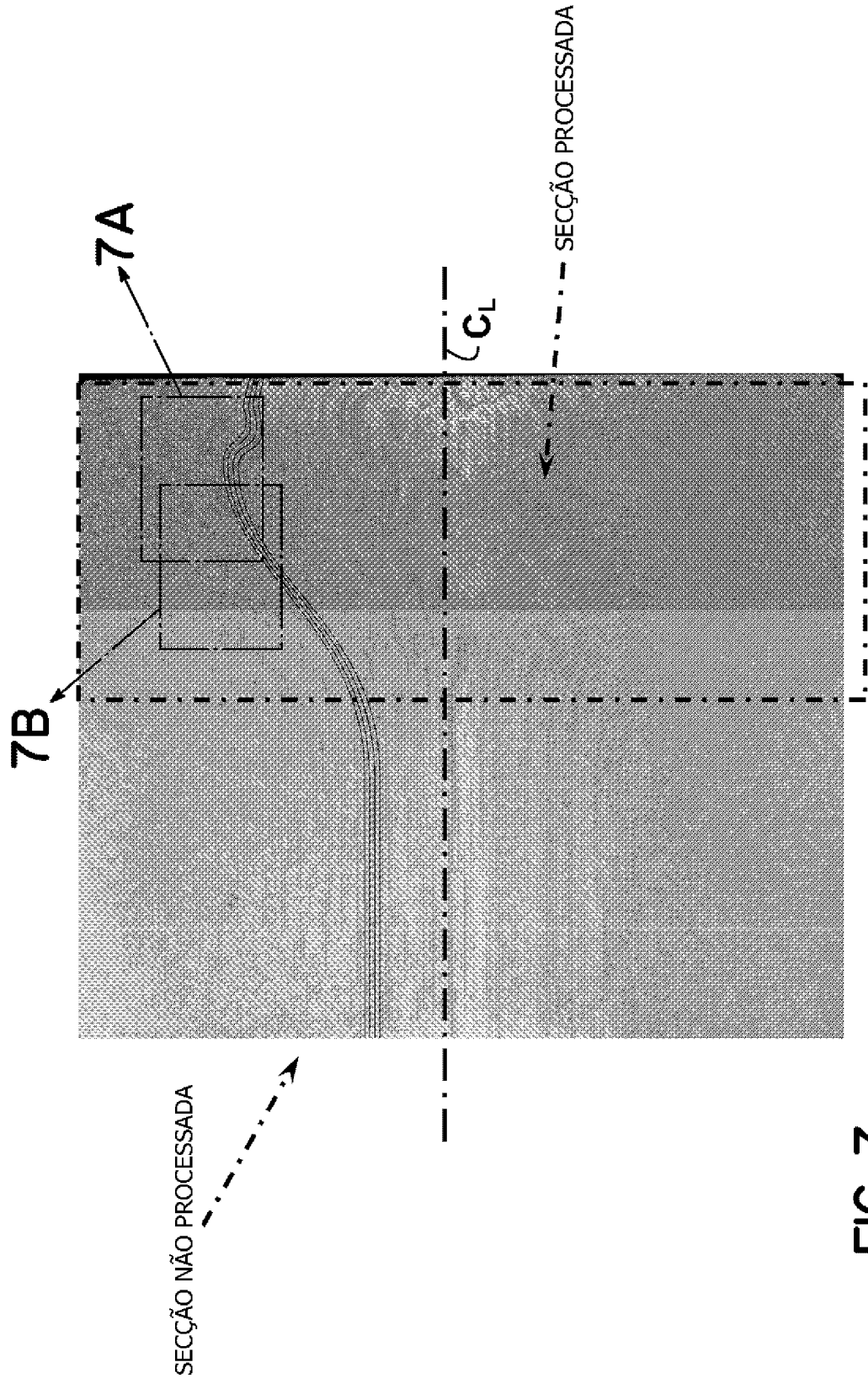
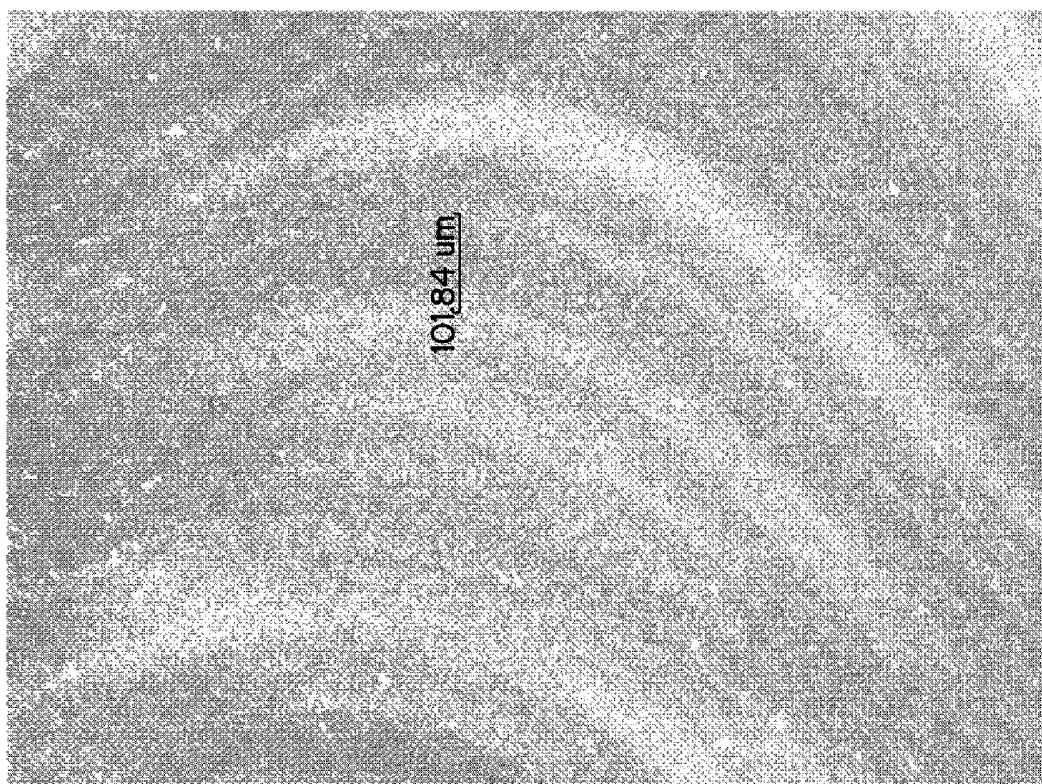
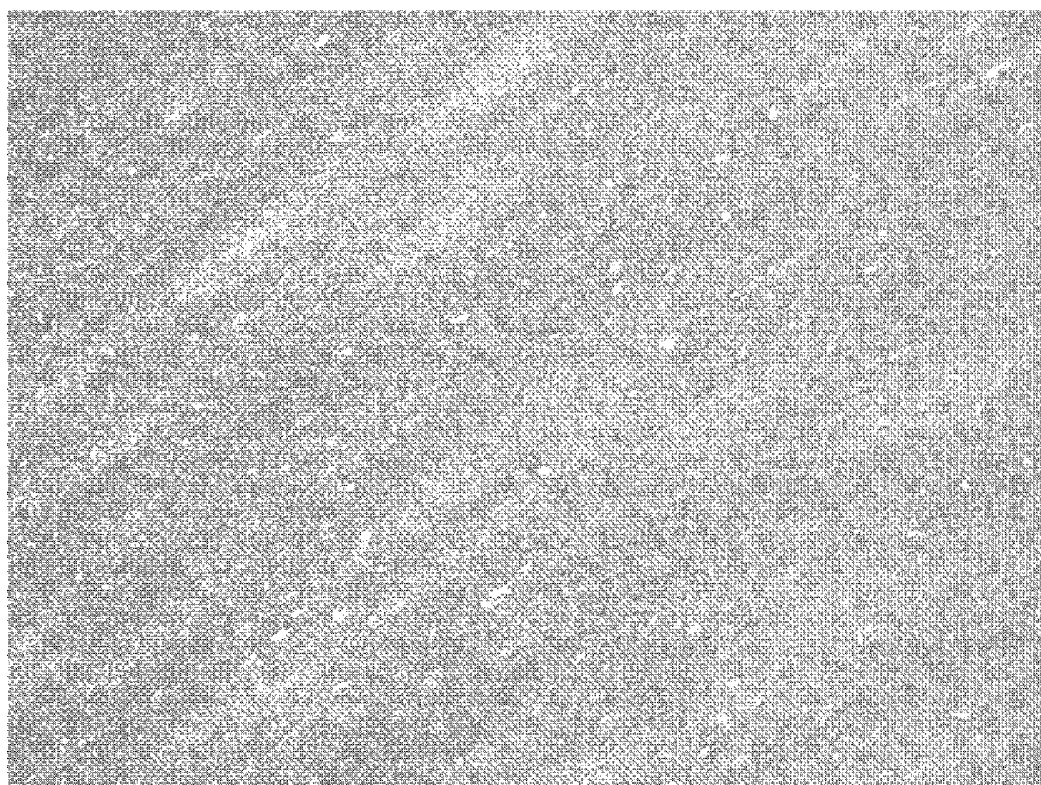


FIG. 7



**FIG. 7A**



**FIG. 7B**

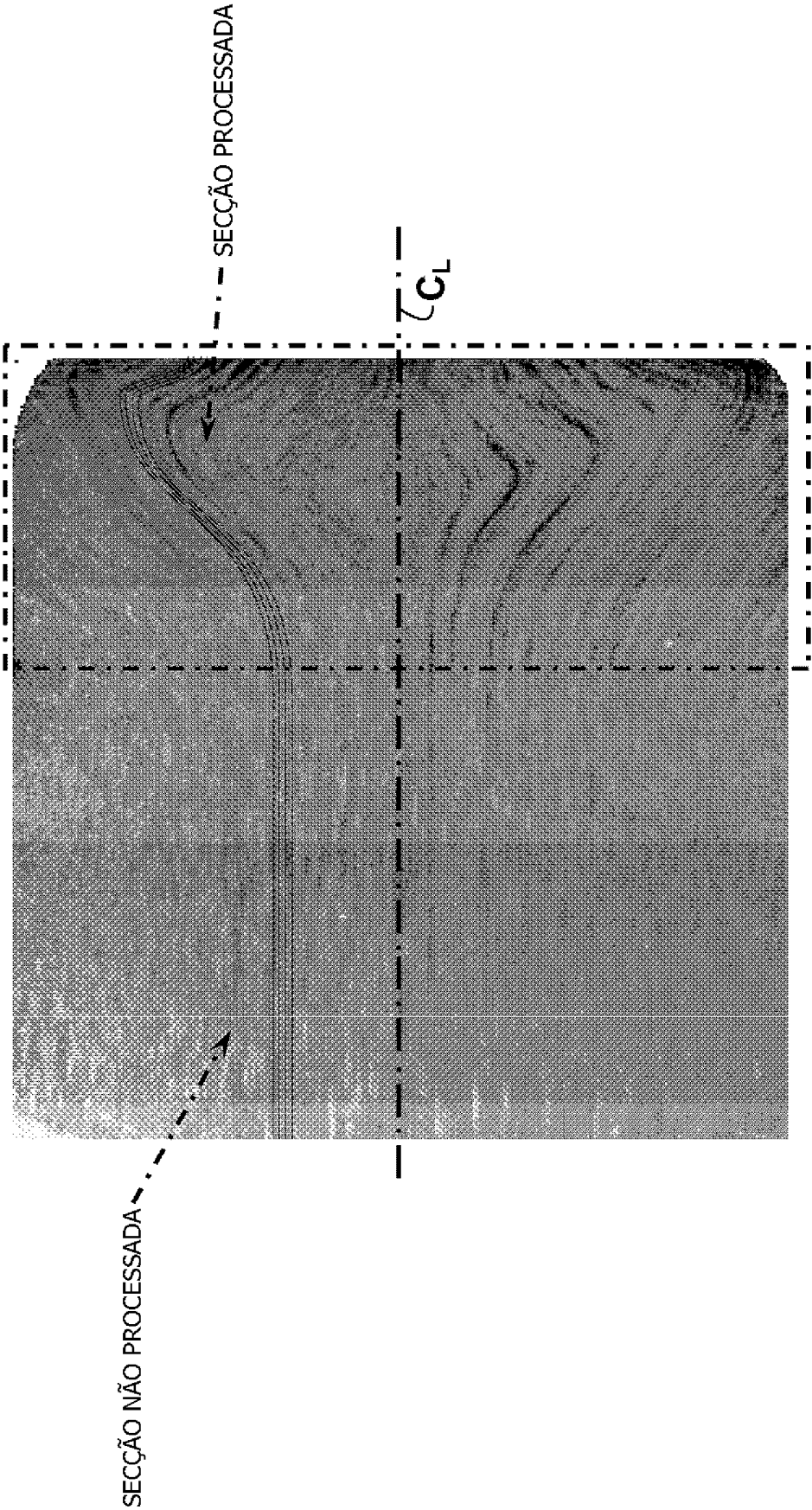


FIG. 8

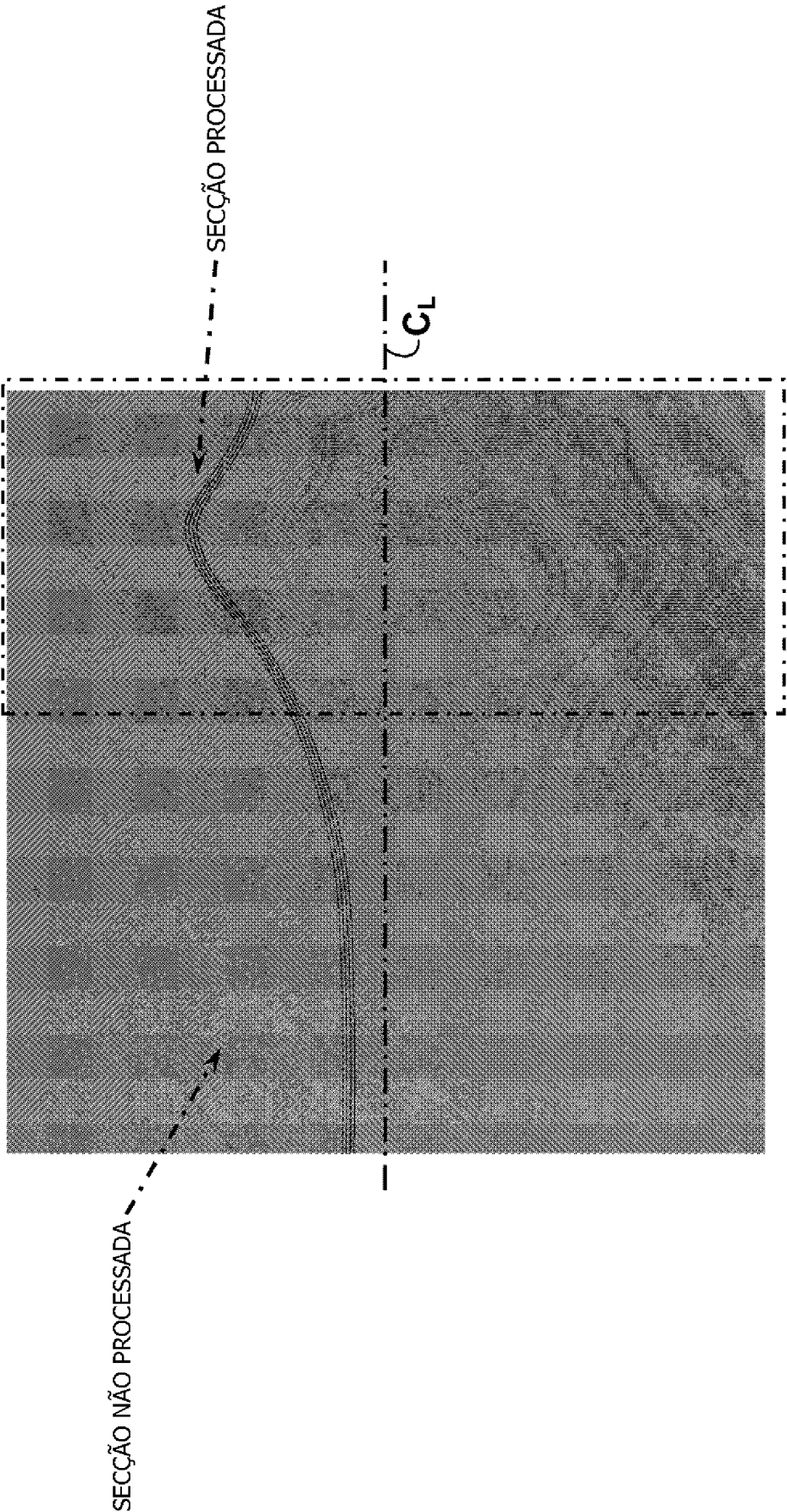
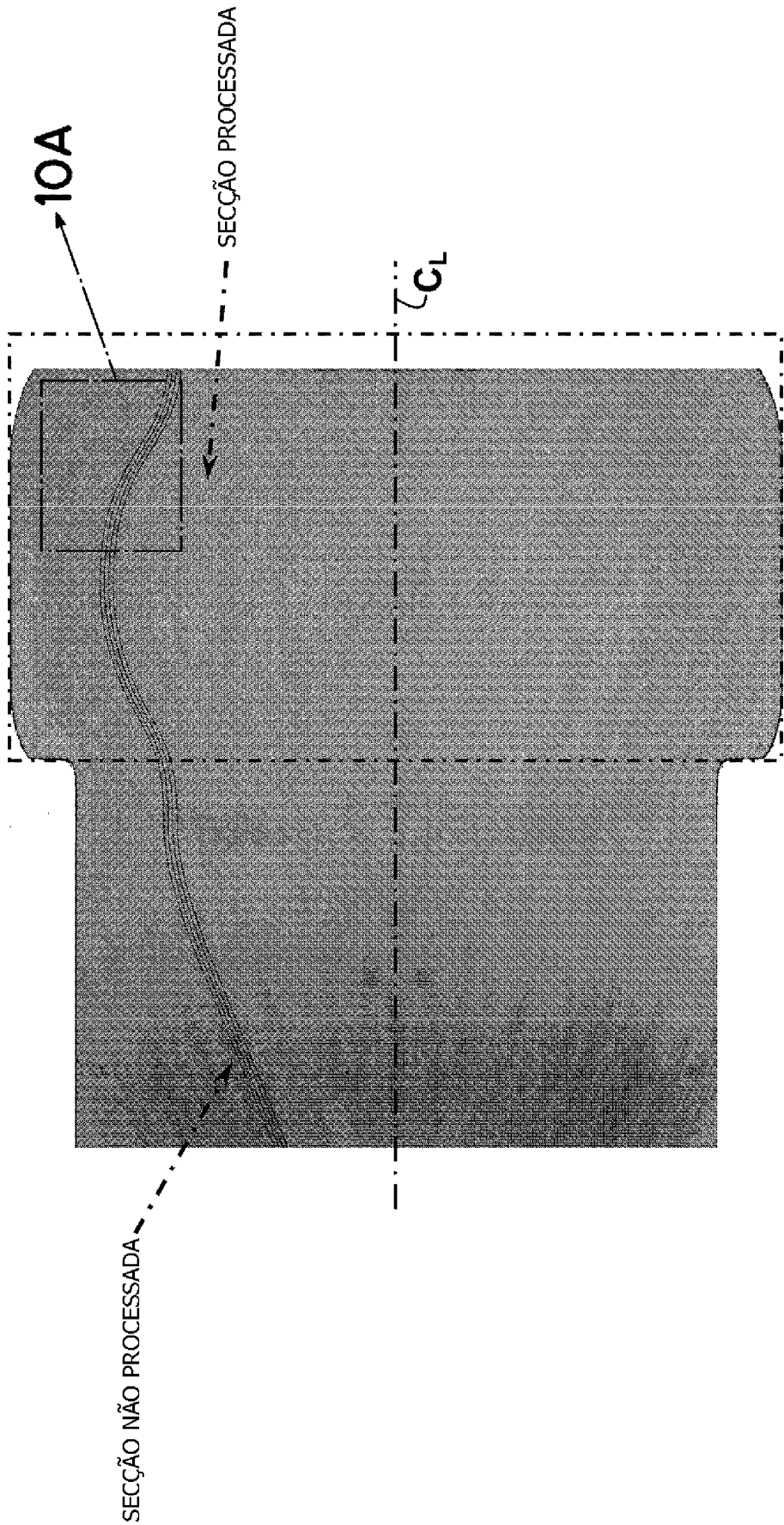


FIG. 9





**FIG. 10**  
ARTE ANTERIOR

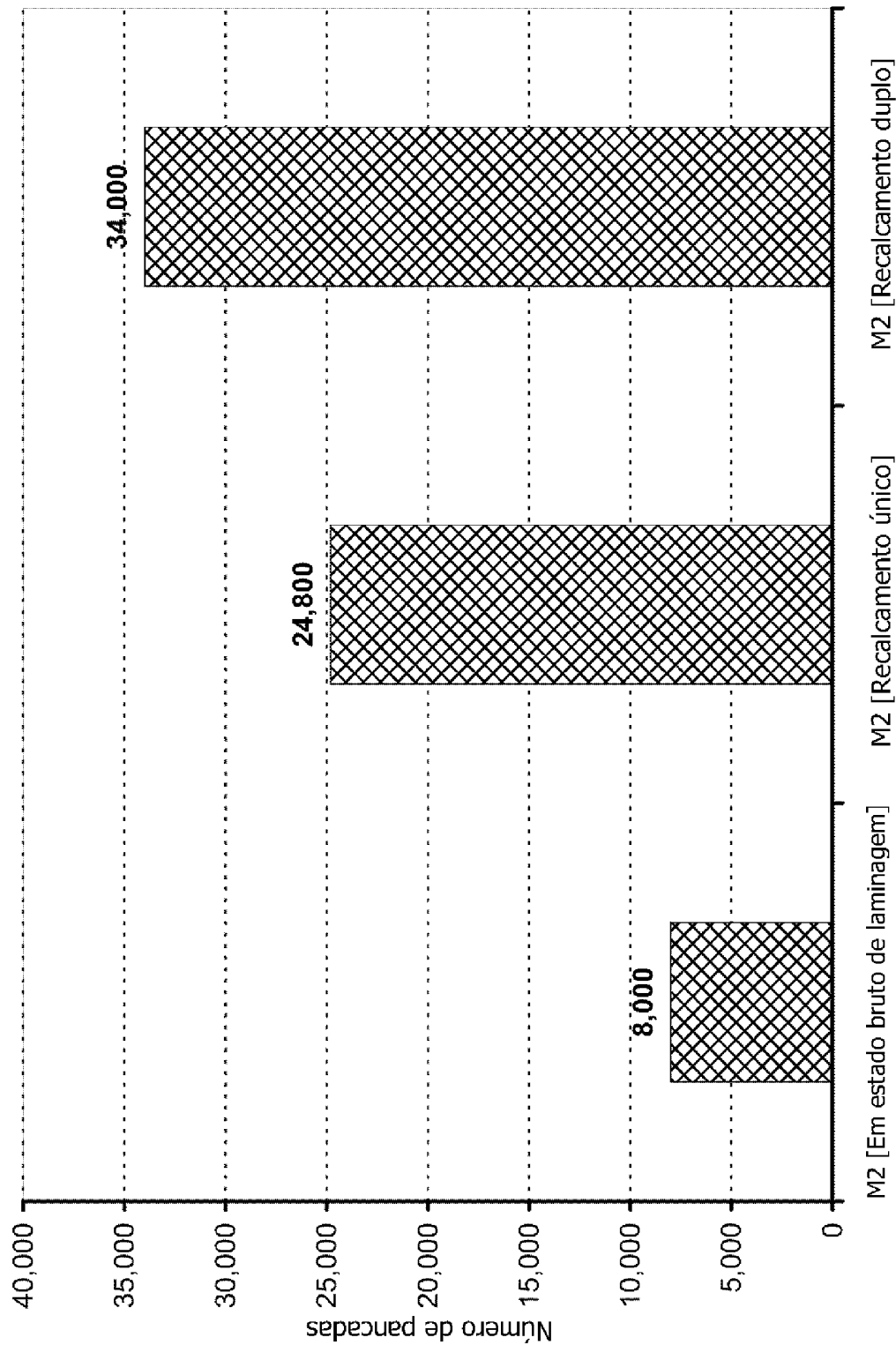


FIG. 11

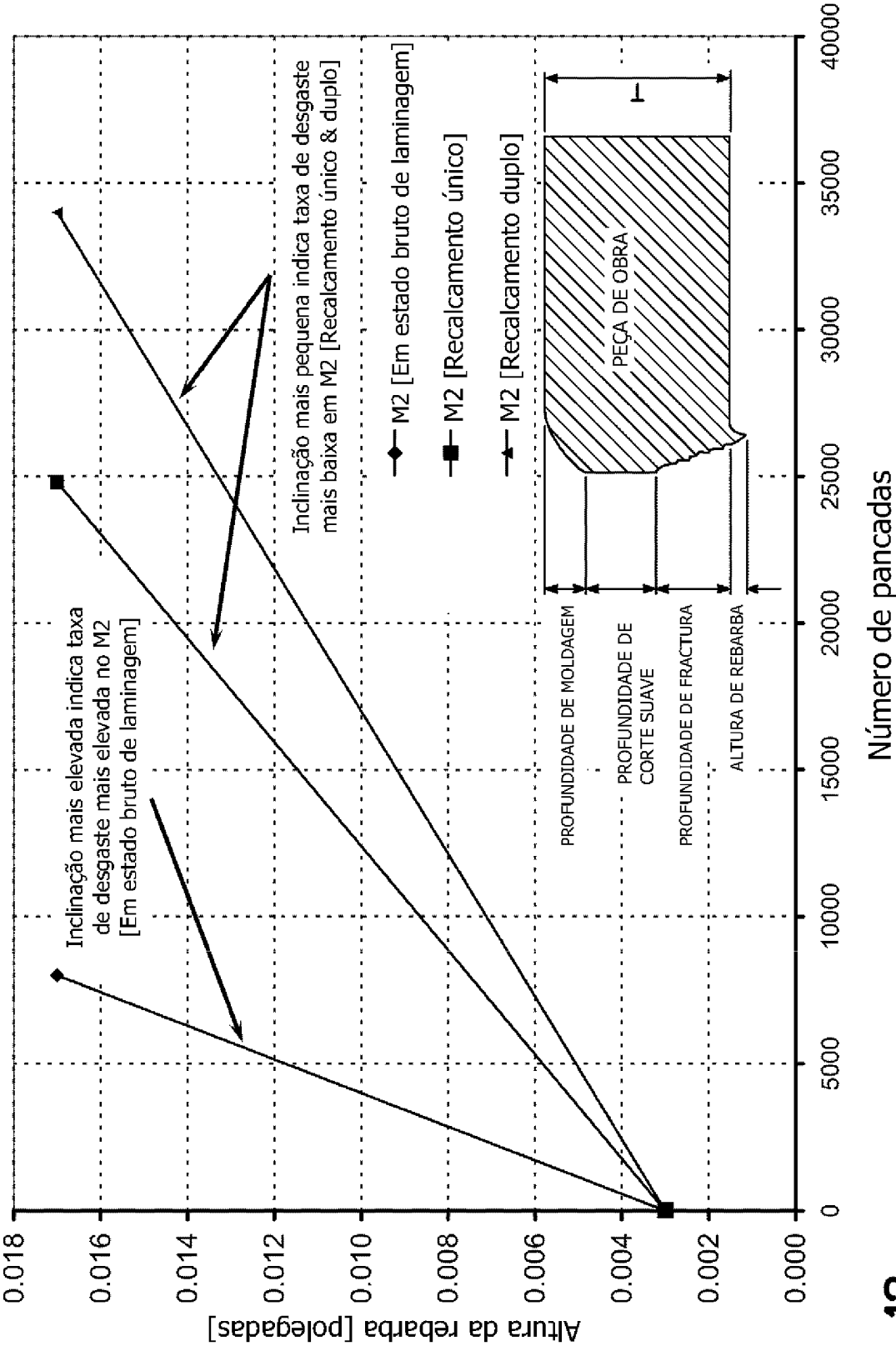
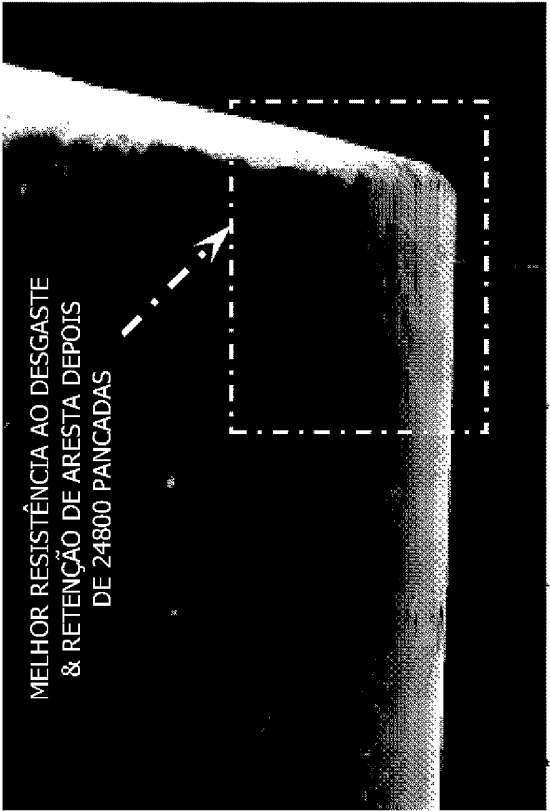
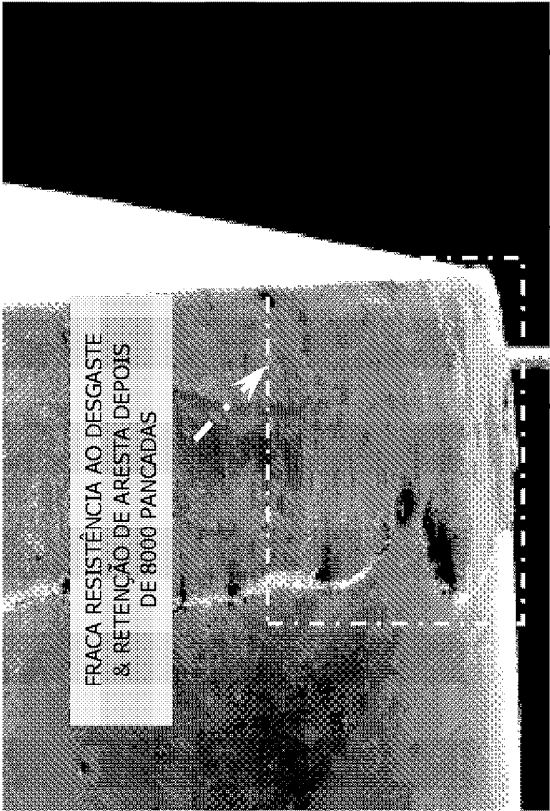
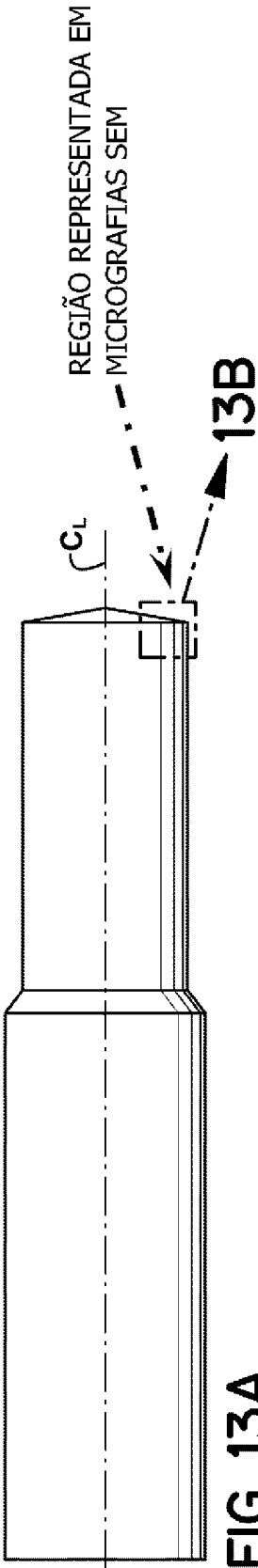


FIG. 12



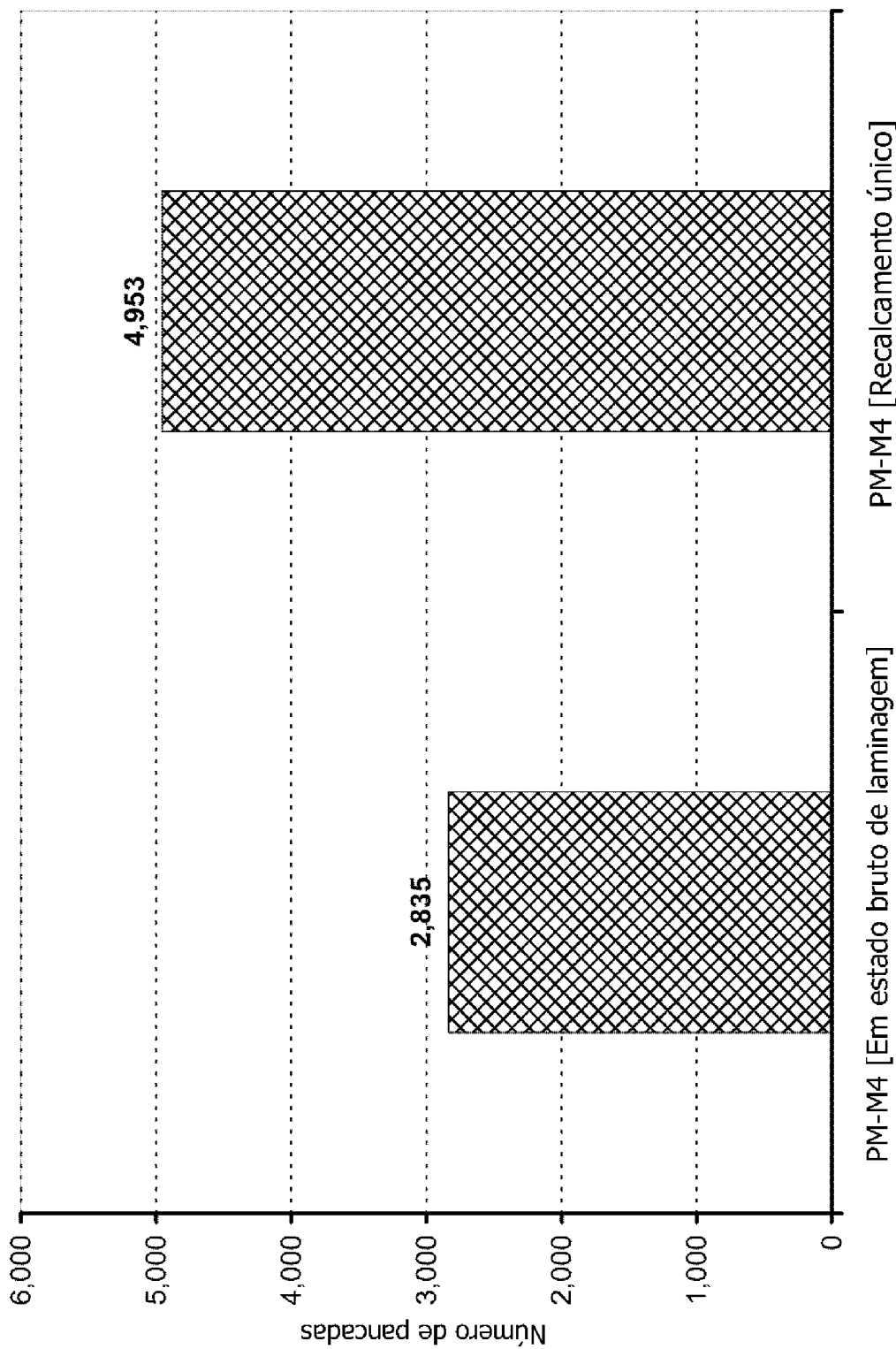


FIG. 14

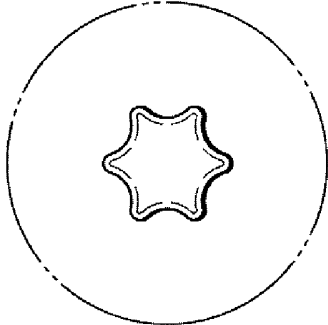


FIG. 15B

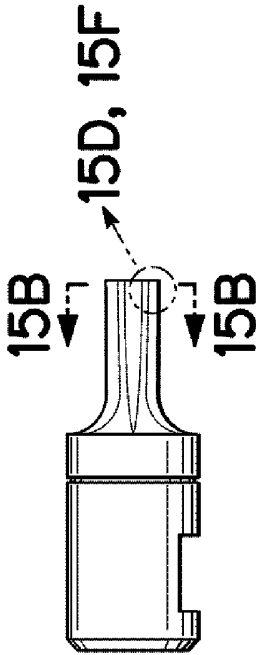


FIG. 15A

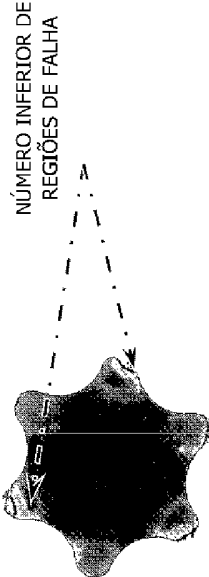


FIG. 15E

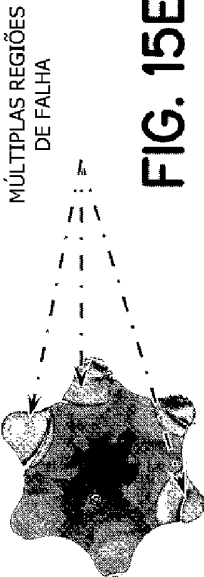


FIG. 15C

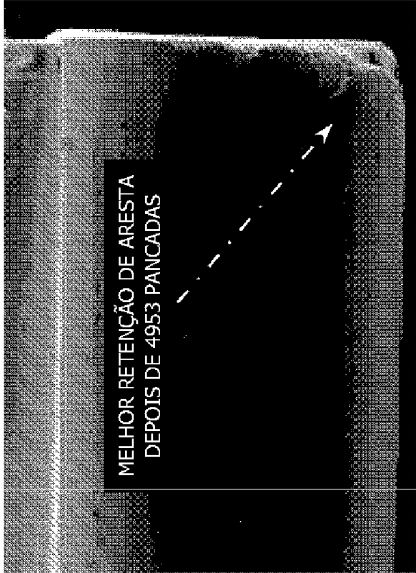


FIG. 15F

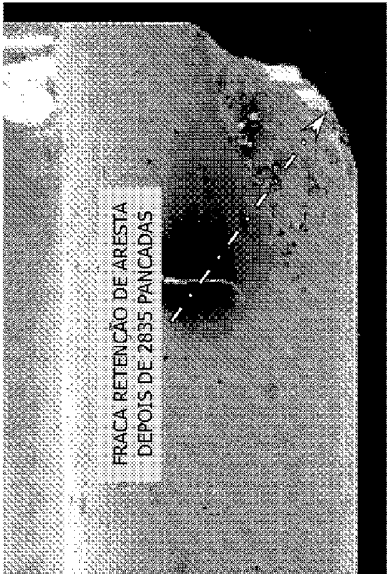


FIG. 15D