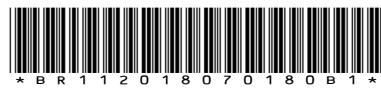




República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112018070180-7 B1



(22) Data do Depósito: 08/03/2017

(45) Data de Concessão: 29/11/2022

(54) Título: MÉTODO PARA FABRICAR UM COMPONENTE DE JUNÇÃO DE CRAVAÇÃO MECÂNICA

(51) Int.Cl.: B21D 39/03; B21D 22/20; C22C 38/00; C22C 38/60.

(30) Prioridade Unionista: 31/03/2016 JP 2016-072486.

(73) Titular(es): KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.).

(72) Inventor(es): NORIYUKI JIMBO; TAKAYUKI YAMANO; SHINICHI YAMAMOTO.

(86) Pedido PCT: PCT JP2017009224 de 08/03/2017

(87) Publicação PCT: WO 2017/169588 de 05/10/2017

(85) Data do Início da Fase Nacional: 01/10/2018

(57) Resumo: Em um aspecto da presente invenção, um componente de junção de cravação mecânica é um componente de junção de cravação mecânica formado de duas ou mais chapas de aço, onde o componente inclui pelo menos uma parte de junção tendo uma resistência ao descolamento de 0,200 kN/mm ou maior, e o componente tem uma dureza de 360 Hv ou maior. Um método para fabricar o componente sequencialmente inclui aquecer as duas ou mais chapas de aço para uma temperatura Ac3 ou acima, e executar união por cravação mecânica de maneira que um equivalente de carbono Ceq das chapas de aço, um tempo de retenção de ponto morto inferior t e uma temperatura inicial de união T durante união por cravação mecânica satisfaçam relações da equação (1) a seguir e da equação (2) a seguir: Ceq x (0,00209 x t + 0,000731 x T - 0,0365) = 0,200 ... (1), e Ceq = -0,00071 x T + 0,993

**"MÉTODO PARA FABRICAR UM COMPONENTE DE JUNÇÃO DE CRAVAÇÃO
MECÂNICA"**

CAMPO TÉCNICO

[001] A presente invenção diz respeito a um componente de junção de cravação mecânica e a um método para fabricar o mesmo, e mais particularmente a um componente de junção de cravação mecânica de alta resistência e a um método para fabricar tal componente de modo bem sucedido sem ocorrência de um defeito tal como uma fissura.

TÉCNICA ANTERIOR

[002] Uma chapa de aço de resistência ultra-alta é usada de modo crescente em uma estrutura de carroceria de veículo para fornecer tanto segurança contra colisão quanto redução de peso de um automóvel. Para limitar o grau de deformação para um certo nível mediante um impacto de colisão, um componente de aço de automóvel é reforçado ao unir, usando soldagem por pontos, um componente de reforço a um componente principal do componente de aço para aumentar parcialmente a espessura do componente de aço. Entretanto, este método exige um processo de soldagem por pontos para união após produção tanto do componente principal quanto do componente de reforço, e desse modo apresenta um problema de aumento de custo.

[003] Entretanto, tal como uma alternativa para soldagem por pontos descrita anteriormente, um método de união chamado de união por cravação mecânica é conhecido como um método de união por pontos por meio de trabalho a frio. Este método de união é um tipo de operação de fortalecimento para unir componentes metálicos conjuntamente de forma mecânica. A Tabela 1 resume tipos de operação de fortalecimento e

recursos dos respectivos tipos. Tal como ilustrado na Tabela 1, existem diversos tipos de operação de fortalecimento. Dentre estes está a união por cravação mecânica, a qual é um método em que duas ou mais chapas de metal são prensadas em um tempo usando um punção convexo e uma matriz côncava. Esta união por cravação mecânica é caracterizada em que, tal como ilustrado na Tabela 1, nenhum pré-tratamento ou elementos de união auxiliares não são exigidos; que o processo de união pode ser executado durante conformação por prensagem; e que aplicação de união por cravação mecânica para um processo de conformação a quente capacita adicionalmente a parte de junção para ser temperada por meio de efeito de resfriamento pela matriz.

[004] Esta união por cravação mecânica pode reduzir custo e aumentar produtividade quando comparada à soldagem por pontos. Por exemplo, a Literatura de Patente 1 descreve execução de uma operação de fortalecimento chamada de TOX® durante prensagem, a qual parece prensagem a frio. Entretanto, este método de união é pretendido para um painel lateral externo tendo uma resistência de matriz baixa, e por esta razão é supostamente inaplicável para um componente fortalecido de resistência ultra-alta.

Tabela 1

OPERAÇÃO DE FORTALECIMENTO				
MÉTODO DE UNIÃO	CRAVAÇÃO MECÂNICA	REBITE AUTOPERFURA NTE	FURO + REBARBAÇÃO	COSTURA DE TRAVAMENTO
UNIÃO EXECUTADA DURANTE	POSSÍVEL	POSSÍVEL	POSSÍVEL	NÃO POSSÍVEL

CONFORMAÇÃO DE PARTES				
PRÉ-TRATAMENTO	NÃO EXIGIDO	NÃO EXIGIDO	PROCESSAMENTO DE FURO EXIGIDO	NÃO EXIGIDO
ELEMENTO DE UNIÃO AUXILIAR	NÃO EXIGIDO	REBITE EXIGIDO	NÃO EXIGIDO	ADESIVO EXIGIDO
TÊMPERA POR RESFRIAMENTO EM MATRIZ EM CONFORMAÇÃO A QUENTE	POSSÍVEL	NÃO POSSÍVEL	POSSÍVEL	POSSÍVEL
UNIÃO EM BORDAS DE PARTES	NÃO POSSÍVEL	NÃO POSSÍVEL	NÃO POSSÍVEL	POSSÍVEL
UNIÃO PARA SUPERFÍCIE DE PARTE	POSSÍVEL	POSSÍVEL	POSSÍVEL	NÃO POSSÍVEL

[005] União por cravação mecânica por meio de trabalho a frio tal como descrita anteriormente apresenta um problema em que uso de uma chapa de aço tendo alta resistência pode causar uma fissura durante união, e assim pode impedir produção de um componente de aço de alta resistência. Por outro lado, a Literatura de Patente 2 descreve execução de trabalho de prensagem usando uma matriz de prensagem em uma temperatura mais baixa, em uma condição na qual uma parte de rebarbação do componente de parte de suporte não aquecido é encaixado em um furo de recebimento de um elemento de corpo de viga em uma temperatura alta de 850 °C ou acima, para assim executar, em uma vez, formação e têmpera do corpo de

viga, e fortalecimento da parte de suporte com o corpo de viga por meio de dobramento ou colapso da parte de rebarbação.

[006] Entretanto, este método exige uma etapa de preparação de parte de suporte para formar antecipadamente o componente de parte de suporte tendo uma parte de rebarbação em forma de flange cilíndrica encaixável no furo de recebimento do componente de corpo de viga. Isto é, produção em uma forma complexa que exige uma outra etapa além da etapa de prensagem, aumentando desse modo o custo. Além do mais, uma vez que uso de uma chapa de aço de resistência ultra-alta não é levado em conta, a operação de aquecimento e de fortalecimento pode causar uma fissura, ou falhar ao não fornecer resistência ao descolamento suficientemente alta.

[007] Portanto, existe uma necessidade de fabricar um componente tendo resistência ultra-alta e resistência ao descolamento suficientemente alta, em particular um componente produzido usando uma chapa de aço de resistência ultra-alta tendo uma resistência à tração de 1.180 megapascal (MPa) ou maior, usando união por cravação mecânica de modo bem sucedido sem ocorrência de um defeito tal como uma fissura e sem adicionar uma etapa extra a não ser a etapa de união por cravação mecânica.

[008] A presente invenção foi desenvolvida em virtude dos antecedentes expostos anteriormente, e um objetivo da presente invenção é fornecer um método para fabricar um componente de juncão de cravação mecânica tendo resistência ultra-alta e resistência ao descolamento suficientemente alta usando união por cravação mecânica de modo bem sucedido

sem ocorrência de um defeito tal como uma fissura e sem adicionar uma etapa extra a não ser a etapa de união por cravação mecânica.

LISTA DE REFERÊNCIAS

Literatura de Patente

[009] Literatura de Patente 1: WO 2013/008515 A

[010] Literatura de Patente 2: JP 2006-321405 A

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[011] Em um aspecto da presente invenção, um componente de junção de cravação mecânica é um componente de junção de cravação mecânica formado de duas ou mais chapas de aço, onde o componente inclui pelo menos uma parte de junção tendo uma resistência ao descolamento de 0,200 kN/mm ou maior, e o componente tem uma dureza de 360 Hv ou maior.

[012] Em um outro aspecto da presente invenção, um método para fabricar o componente de junção de cravação mecânica sequencialmente inclui aquecer as duas ou mais chapas de aço para uma temperatura Ac3 ou acima; e executar união por cravação mecânica de maneira que um equivalente de carbono Ceq das chapas de aço, um tempo de retenção de ponto morto inferior t e uma temperatura inicial de união T durante união por cravação mecânica satisfaçam relações da equação (1) a seguir e da equação (2) a seguir:

$$\text{Ceq} \times (0,00209 \times t + 0,000731 \times T - 0,0365) \geq 0,200 \quad \dots \quad (1)$$

$$\text{Ceq} \geq -0,00071 \times T + 0,993 \quad \dots \quad (2)$$

onde Ceq representa o equivalente de carbono (% em massa) das chapas de aço calculado pela equação (3) a seguir, t representa o tempo de retenção de ponto morto inferior (segundo), e T representa a temperatura inicial de união

(°C). Se um valor de Ceq diferir nas duas ou mais chapas de aço, um valor mais baixo de Ceq é usado.

$$\text{Ceq} = \text{C} + (1/6) \times \text{Mn} + (1/24) \times \text{Si} + (1/40) \times \text{Ni} + (1/5) \times \text{Cr} + (1/4) \times \text{Mo} + (1/14) \times \text{V} \dots \quad (3)$$

onde cada um dos nomes de elementos representa um teor em % de massa nas chapas de aço, e representa zero se esse elemento não estiver contido.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[013] A figura 1 é um diagrama esquemático ilustrando um aspecto da presente invenção.

As figuras 2A a 2C são diagramas esquemáticos ilustrando um outro aspecto da presente invenção.

A figura 3 é um diagrama ilustrando uma matriz tendo uma ferramenta de cravação mecânica fixada a ela, usadas na produção de amostras de teste em exemplos.

As figuras 4A e 4B são diagramas para descrever cálculo da razão d/D.

As figuras 5A a 5C são imagens de observação de uma seção transversal do componente No. 5 em um dos exemplos. A figura 5A é uma imagem da seção transversal total do componente. A figura 5B é uma imagem de uma parte da seção transversal do componente. A figura 5C é uma imagem ampliada da parte de elipse da figura 5B.

A figura 6 é um gráfico ilustrando a relação entre o valor de lado esquerdo da equação (1) e o valor de CTS/L.

DESCRIÇÃO DE MODALIDADES

[014] Os presentes inventores executaram pesquisa considerável para resolver o problema descrito anteriormente. Primeiro, para investigar recentemente o limite de resistência à tração que causa uma fissura durante

união por trabalho a frio, conformação a frio foi executada em chapas de aço tendo uma resistência à tração de 270 a 1.470 MPa e espessura de chapa de 1,4 mm para unir as chapas de aço conjuntamente de forma transversal usando uma matriz tendo fixada a ela uma ferramenta de cravação mecânica usada em exemplos descritos mais tarde. Os resultados confirmam que, tal como ilustrado na Tabela 2, uma resistência à tração de chapa de aço de 780 MPa ou maior tem causado uma fissura durante união, causando desse modo falha em união por cravação mecânica. Tal como usado neste documento, o termo “união por cravação mecânica” também pode ser referido como “união”, e o termo “união por cravação mecânica” também pode ser referido como “componente de junção”.

Tabela 2

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DE CHAPA DE AÇO (MPa)	UNIÃO
270	OK
440	OK
590	OK
780	CRAQUEADA
980	CRAQUEADA
1.180	CRAQUEADA
1.470	CRAQUEADA

[015] Tal como descrito anteriormente, os presentes inventores executaram considerável pesquisa com relação a um método de executar união por cravação mecânica de modo bem sucedido com a suposição de que uma chapa de aço tendo uma resistência à tração de 1.180 MPa ou maior, isto é, uma chapa de aço de resistência ultra-alta em que é certo iniciar uma fissura durante união por trabalho a frio em virtude dos

resultados da Tabela 2 mostrada acima, é usada como uma chapa de aço de resistência ultra-alta com demanda alta nos últimos anos. Com mais detalhes, pesquisas consideráveis foram executadas para satisfazer todas as condições (A) a (D) seguintes.

(A) O componente exibe resistência ultra-alta. Especificamente, o componente exibe, como sua dureza, uma dureza Vickers de 360 Hv ou maior, isto é, uma resistência à tração de 1.180 MPa ou maior; preferivelmente, uma dureza Vickers de 450 Hv ou maior, isto é, uma resistência à tração de 1.470 MPa ou maior.

(B) O componente tem alta resistência ao descolamento. Especificamente, o componente tem uma resistência à tração transversal por comprimento periférico unitário da parte de junção determinada usando um método descrito mais tarde neste documento, isto é, resistência ao descolamento de 0,200 kN/mm ou maior.

(C) O componente pode ser fabricado por meio de união sem ocorrência de uma fissura.

(D) Nenhum processo preliminar antes do trabalho de prensagem ou processo posterior ao trabalho de prensagem não é exigido, e assim um componente pode ser fabricado em um custo reduzido.

[016] Na presente invenção, os presentes inventores descobriram que as relações entre o equivalente de carbono Ceq das chapas de aço, o tempo de retenção de ponto morto inferior t e a temperatura inicial de união T durante união por cravação mecânica precisam satisfazer a equação (1) e a equação (2), dadas mais tarde, na etapa de união após a etapa de aquecimento da chapa de aço para uma certa temperatura ou

maior.

[017] Isto é, um componente de junção de cravação mecânica da presente invenção é um componente de junção de cravação mecânica formado de duas ou mais chapas de aço, onde o componente inclui pelo menos uma parte de junção tendo uma resistência ao descolamento de 0,200 kN/mm ou maior, e o componente tem uma dureza de 360 Hv ou maior.

[018] A configuração descrita anteriormente pode fornecer um componente de junção de cravação mecânica tendo resistência ultra-alta e resistência ao descolamento suficientemente alta.

[019] Além do mais, um método para fabricar o componente de junção de cravação mecânica da presente invenção é caracterizado em incluir aquecer sequencialmente as duas ou mais chapas de aço para uma temperatura Ac3 ou acima; e executar união por cravação mecânica de maneira que um equivalente de carbono Ceq das chapas de aço, um tempo de retenção de ponto morto inferior t e uma temperatura inicial de união T durante união por cravação mecânica satisfaçam relações da equação (1) e da equação (2) dadas mais tarde.

[020] Tal configuração pode fornecer um método para fabricar o componente de junção de cravação mecânica tal como descrito anteriormente usando união por cravação mecânica de modo bem sucedido sem ocorrência de um defeito tal como uma fissura e sem adicionar uma etapa extra a não ser a etapa de união por cravação mecânica.

[021] Cada etapa desta modalidade será descrita a seguir detalhadamente.

Etapa de Aquecimento

[022] Nesta modalidade, para executar o processo de

união descrito anteriormente, as duas ou mais chapas de aço são primeiro aquecidas para uma temperatura Ac3 ou acima. Este processo de aquecimento facilita o processo de união descrito mais tarde, e capacita um componente de juncão tendo uma característica desejada para ser produzido. A temperatura de aquecimento preferivelmente é [temperatura Ac3 + 10] °C ou maior. Uma temperatura excessivamente alta para esta temperatura de aquecimento resulta em uma microestrutura grosseira, e assim pode reduzir ductilidade ou capacidade de dobramento. Assim, o limite superior da temperatura de aquecimento preferivelmente é [temperatura Ac3 + 180] °C, e mais preferivelmente de cerca de [temperatura Ac3 + 150] °C.

[023] A temperatura Ac3 pode ser determinada usando a equação seguinte descrita em "Leslie Tekkou Zairyougaku" (intitulado originalmente "The Physical Metallurgy of Steels", Maruzen Co., Ltd., publicado em 31 de maio de 1985, p.273). Na equação seguinte, a expressão [nome de elemento] representa o teor em % de massa desse elemento contido no aço. Na equação seguinte, o valor para um elemento não contido pode ser calculado como zero.

Ponto de transformação Ac3 (°C) = 910 - 203 x [C]0,5 - 15,2 x [Ni] + 44,7 x [Si] + 104 x [V] + 31,5 x [Mo] + 13,1 x [W] - 30 x [Mn] - 11 x [Cr] - 20 x [Cu] + 700 x [P] + 400 x [Al] + 400 [Ti]

[024] A duração de aquecimento na temperatura de aquecimento descrita acima preferivelmente é de um minuto ou mais. Além do mais, em virtude de limitar desenvolvimento de grãos de austenita e de outros mais, a duração de aquecimento preferivelmente é de 15 minutos ou menos. A temperatura pode

ser elevada para o ponto de transformação Ac3 em qualquer taxa. Exemplos do método de aquecimento incluem aquecimento em forno, aquecimento Joule e aquecimento por indução.

Etapa de União

[025] Os presentes inventores consideraram condições para esta etapa de união particularmente para aumentar a resistência ao descolamento da parte de junção do componente de junção. Primeiro, nesta modalidade, por causa de a resistência à tração transversal CTS depender do comprimento L da parte de junção, o valor CTS/L obtido por meio de divisão de CTS por L é usado como a resistência ao descolamento. Isto permite que resistência ao descolamento seja avaliada independente do tamanho da parte de junção. Nos exemplos descritos mais tarde que usam partes de junção circulares, o valor L corresponde à circunferência desta forma circular.

[026] Nesta modalidade, condições de união também foram consideradas para fornecer um componente tendo uma dureza de componente e a resistência ao descolamento indicada anteriormente de um certo valor predeterminado ou maior, em particular a resistência ao descolamento CTS/L de 0,200 kN/mm ou maior. Especificamente, fabricação de um componente de junção de cravação mecânica usando composições de chapas de aço diferentes, tempos de retenção de ponto morto inferior diferentes e temperaturas iniciais de união diferentes, tal como mostrado em exemplos descritos mais tarde, tem mostrado que existem condições de união para formar um componente tendo cada uma de a dureza de componente e a resistência ao descolamento de um certo valor predeterminado ou maior sem ocorrência de uma fissura.

[027] Consideração adicional foi dada para descobrir estas condições de união. Primeiro, considerando que a resistência ao descolamento parece ser afetada após estampagem, isto é, pela dureza da matriz do componente, que a dureza da matriz é afetada pela propriedade de têmpera de chapa de aço, pela temperatura inicial de têmpera e pelo tempo de retenção de ponto morto inferior t , e que a temperatura inicial de têmpera corresponde à temperatura inicial de união T nesta modalidade, a resistência ao descolamento CTS/L é expressada como a equação (4) dada a seguir usando o equivalente de carbono C_{eq} , servindo como um índice da propriedade de têmpera de chapa de aço, o tempo de retenção de ponto morto inferior t e a temperatura inicial de união T . Na equação (4) a seguir, o valor C_{eq} (% em massa) é um valor calculado a partir da equação (3) a seguir definida na JIS G 0203, e os valores a , b e c são coeficientes.

$$CTS/L = C_{eq} \times (a \times t + b \times T + c) \dots (4)$$

$$C_{eq} = C + (1/6) \times Mn + (1/24) \times Si + (1/40) \times Ni + (1/5) \times Cr + (1/4) \times Mo + (1/14) \times V \dots (3)$$

onde cada um dos nomes de elementos representa o teor em % de massa nas chapas de aço, e representa zero se que elemento não estiver contido.

[028] Os presentes inventores fabricaram componentes de junções de cravação mecânica usando composições de chapas de aço diferentes, tempos de retenção de ponto morto inferior diferentes e temperaturas iniciais de união diferentes tal como mostrado em exemplos descritos mais tarde, e executaram experimentos para determinar resistência ao descolamento dos componentes fabricados. Para descobrir uma equação para

alcançar uma resistência ao descolamento de 0,200 kN/mm ou maior, análise de regressão múltipla foi executada nos resultados experimentais para determinar os valores dos coeficientes a, b e c na equação (4) acima, e a equação (1) a seguir foi assim obtida.

$$\text{Ceq} \times (0,00209 \times t + 0,000731 \times T - 0,0365) \geq 0,200 \quad \dots \quad (1)$$

onde Ceq representa o equivalente de carbono (% em massa) das chapas de aço calculado pela equação (3) a seguir, t representa o tempo de retenção de ponto morto inferior (segundo) e T representa a temperatura inicial de união (°C). Se o valor de Ceq diferir nas duas ou mais chapas de aço, o valor mais baixo de Ceq é usado.

$$\text{Ceq} = C + (1/6) \times \text{Mn} + (1/24) \times \text{Si} + (1/40) \times \text{Ni} + (1/5) \times \text{Cr} + (1/4) \times \text{Mo} + (1/14) \times \text{V} \quad \dots \quad (3)$$

[029] É provável que satisfação da equação (1) acima reduza uma razão d/D do diâmetro de junção d do produto em relação ao diâmetro de matriz D, capacitando desse modo a resistência ao descolamento para ser aperfeiçoada.

[030] Nesta modalidade, satisfação da equação (2) a seguir também é exigida. A equação (2) a seguir é dada pelo fato de que a temperatura inicial de união é afetada pela composição de componentes de chapa de aço, em particular, por Ceq dentre outros. A equação (2) a seguir também foi obtida ao fabricar componentes de junções de cravação mecânica usando composições de chapas de aço diferentes e temperaturas iniciais de união diferentes, e ao executar experimentos para determinar resistência ao descolamento dos componentes fabricados.

$$\text{Ceq} \geq -0,00071 \times T + 0,993 \quad \dots \quad (2)$$

onde Ceq representa o equivalente de carbono (% em massa) das chapas de aço calculado pela equação (3) acima, e T representa a temperatura inicial de união (°C).

[031] As duas ou mais chapas de aço usadas na união por cravação mecânica desta modalidade podem ter composições de componentes diferentes, isto é, valores Ceq diferentes, entre as chapas de aço. Em tal caso, o valor mais baixo de Ceq é usado na equação (1) e na equação (2).

[032] Executar união de acordo com as condições que satisfazem a equação (1) e a equação (2) acima capacita todas as condições (A) a (D) para serem satisfeitas. Isto é, um componente de junção de cravação mecânica tendo (A) resistência de componente de Hv \geq 360 e (B) resistência ao descolamento de CTS/L \geq 0,200 kN/mm pode ser fabricado sem adicionar um processo preliminar ou processo posterior e em um custo reduzido. Construir a forma de um componente por meio de união por cravação mecânica serve de modo similar para construir a forma de um componente por meio de prensagem, e assim pode contribuir para melhoramento em rigidez do componente.

[033] Nesta modalidade, é suficiente que o método para fabricar um componente de junção satisfaça as condições descritas anteriormente, e outras condições não estão limitadas particularmente. Em virtude de limitar um aumento na carga de formação e redução em conformabilidade, a temperatura inicial de união preferivelmente é de 400 °C ou maior. O tempo de retenção de ponto morto inferior preferivelmente tem um valor maior em virtude de melhoramento na resistência ao descolamento, mas se produtividade for de importância, ou se um processo de múltiplas etapas descrito

mais tarde for executado, o tempo de retenção de ponto morto inferior para uma operação de junção preferivelmente é de 3 segundos ou menos.

[034] Nesta modalidade, conformação por prensagem a quente também pode ser executada na etapa de executar união por cravação mecânica. A conformação por prensagem a quente pode ser executada sob quaisquer condições, e pode ser executada aplicando um método usado comumente. Para executar conformação por prensagem a quente de modo bem sucedido, a temperatura no início de conformação por prensagem, isto é, no momento em que a matriz alcança a posição em contato com a chapa de aço, preferivelmente é de cerca de 400 °C ou maior.

[035] O método para fabricar um componente de junção desta modalidade precisa somente incluir a etapa de aquecimento e a etapa de união descritas anteriormente nesta ordem. A etapa de união pode ser executada somente uma vez, ou duas vezes ou mais. Além do mais, durante um período de tempo a partir do aquecimento para a conclusão de formação das chapas de aço, uma etapa, por exemplo, de processar as chapas de aço tal como descrito na primeira etapa do segundo aspecto descrito a seguir pode ser executada como outra etapa além da etapa de união. Esta modalidade elimina a necessidade de executar outra etapa além das etapas de aquecimento e de formação, capacitando desse modo um componente de junção para ser fabricado em alta produtividade em um custo reduzido.

[036] Aspectos específicos do método de fabricação de acordo com esta modalidade em um caso em que união é executada simultaneamente com conformação por prensagem a

quente incluem, por exemplo, um primeiro aspecto e um segundo aspecto descritos a seguir. Entretanto, a presente invenção não está limitada a estes aspectos. Embora exemplos apresentados a seguir sejam descritos em termos de união por pontos para uma parte cravada circular, outros aspectos incluindo outras formas, tais como união por pontos de parte retangular e união linear ao longo da direção longitudinal do componente, também estão dentro do escopo da presente invenção.

[037] Descrição é dada neste documento com referência para os desenhos, em que os símbolos de referência têm significados tais como se segue: 1 chapa de aço, 2 uma outra chapa de aço ou chapa de aço de componente de reforço, 3 plataforma de suporte, 4 matriz de união, 5 prendedor de matriz de união, 6 punção de união, 7 prendedor de punção de união, 8 matriz de prensagem, 9 apoio, 10 punção de produzir excesso de comprimento, 11 punção de prensagem, 12A, 12B, 12C parte de junção, e 13 parte de parede vertical de componente.

Primeiro aspecto: processo de etapa única

[038] Em um primeiro aspecto, o processo de conformação pode ser executado, por exemplo, usando um dispositivo ilustrado na figura 1. Com mais detalhes, uma chapa de aço 1 aquecida e uma outra chapa de aço 2 aquecida servindo como um componente de reforço são empilhadas conjuntamente uma em cima da outra, são colocadas sobre uma plataforma de suporte 3 e são resfriadas a ar para uma temperatura inicial de união. Um punção de prensagem 11 incluindo no mesmo um punção de união 6 é abaixado para executar conformação por prensagem e união em uma vez. A figura 1 ilustra uma situação na qual

o ponto morto inferior foi alcançado. Neste primeiro aspecto, tal como ilustrado na figura 1, as chapas de aço 1 e 2 são conformadas por prensagem pela matriz de prensagem 8, pelo apoio 9 e pelo punção de prensagem 11, e ao mesmo tempo são unidas conjuntamente por uma matriz de união 4 incluída no apoio 9 e pelo punção de união 6.

Segundo aspecto: processo de múltiplas etapas

[039] Em um segundo aspecto, o processo de conformação pode ser executado, por exemplo, tal como ilustrado nas figuras 2A a 2C. Tal como ilustrado nas figuras 2A a 2C, as chapas de aço são aquecidas, e em seguida uma primeira etapa ilustrada na figura 2A, uma segunda etapa ilustrada na figura 2B e uma terceira etapa ilustrada na figura 2C são executadas consecutivamente. Cada um destas etapas será descrita agora. Primeiro, na primeira etapa, a chapa de aço 1 aquecida é colocada sobre a plataforma de suporte 3, e um punção de produzir excesso de comprimento 10 é então abaixado para produzir um excesso de comprimento na chapa de aço 1 que formará a parede externa do componente tal como ilustrado na figura 2A. A seguir, na segunda etapa, a outra chapa de aço 2 é colocada sobre a chapa de aço 1 tendo o excesso de comprimento, e o punção de união 6 é então abaixado para unir conjuntamente as chapas de aço 1 e 2 em dois pontos pelo punção de união 6 e pela matriz de união 4 incluída na matriz de prensagem 8 tal como ilustrado na figura 2B. Assim, as partes de junção 12A e 12B são produzidas.

[040] Então, em uma terceira etapa, a qual é a última etapa, conformação por prensagem a quente e união são executadas em uma vez. Com mais detalhes, o punção de prensagem 11 incluindo no mesmo o punção de união 6 é

abaixado para executar conformação por prensagem assim como união. A figura 2C ilustra uma situação na qual o ponto morto inferior foi alcançado. Nesta terceira etapa, tal como ilustrado na figura 2C, as chapas de aço 1 e 2 são conformadas por prensagem pela matriz de prensagem 8, pelo apoio 9 e pelo punção de prensagem 11, e ao mesmo tempo são unidas conjuntamente pela matriz de união 4 incluída no apoio 9 e pelo punção de união 6 para formar uma parte de junção 12C. Esta etapa capacita as partes de junção 12A e 12B para serem formadas em uma parte de parede vertical de componente 13.

[041] Em um caso de um componente de aço de automóvel, a chapa de aço 1 e a outra chapa de aço 2 são aplicáveis, por exemplo, respectivamente como um componente externo e um componente interno. Embora os aspectos indicados anteriormente não mencionem, a etapa de união pode ser executada em uma mesma parte duas vezes ou mais tal como descrito no Exemplo 2 descrito a seguir.

[042] Os componentes das chapas de aço para uso na união descrita anteriormente não estão limitados particularmente. Por exemplo, as duas ou mais chapas de aço podem satisfazer as condições de composições de componentes dadas a seguir. Exemplos de tipos utilizáveis de chapas de aço incluem chapas de aço laminadas a quente, chapas de aço laminadas a frio, chapas de aço revestidas tais como chapas de aço galvanizadas produzidas ao revestir estas chapas de aço, e chapas de aço galvanizadas por imersão a quente com ligas produzidas ao executar adicionalmente formação de ligas. Este método é aplicável não somente para união de chapas de aço, mas também para união de materiais diferentes (isto é, aplicação de tecnologia de múltiplos materiais) tais como uma chapa de

aço e uma chapa de alumínio.

[043] As composições de componentes das chapas de aço formando o componente desta modalidade, isto é, as composições de componentes das chapas de aço para uso na união podem incluir a composição descrita a seguir. Notar que, tal como usado na descrição de composição de componentes dada a seguir, a unidade "%" significa % em massa a não ser que indicado de outro modo.

C: 0,15% a 0,4%

[044] Para alcançar prontamente uma dureza de componente de 360 Hv ou maior, o teor de C preferivelmente é de 0,15% ou mais. O teor de C mais preferivelmente é de 0,17% ou mais, e ainda é mais preferivelmente de 0,20% ou mais. Entretanto, em virtude de soldabilidade do componente produzido, o teor de C preferivelmente é de até 0,4% ou menos, mais preferivelmente de 0,30% ou menos, e ainda mais preferivelmente de 0,26% ou menos.

Si: mais que 0% a 2% ou menos

[045] Silício (Si) é um elemento efetivo em melhorar a propriedade de têmpera de uma chapa de aço prensada a quente, e em assegurar de modo estável a resistência de um componente conformado por prensagem a quente. A partir deste ponto de vista, o teor de Si preferivelmente é de 0,05% ou mais, e mais preferivelmente de 0,15% ou mais. Entretanto, um teor de Si em excesso impede produção de uma chapa de aço mais macia para prensagem a quente e, além disso, eleva significativamente a temperatura Ac3, induzindo desse modo o componente ferrita para permanecer no estágio de aquecimento em prensagem a quente. Isto torna difícil alcançar alta resistência. Assim, o teor de Si

preferivelmente é de 2% ou menos, mais preferivelmente de 1,65% ou menos, e ainda mais preferivelmente de 1,45% ou menos.

Pelo menos um de Mn e Cr: 1,0% a 5,0% no total.

[046] Cada um de manganês (Mn) e cromo (Cr) é um elemento útil para melhorar a propriedade de têmpera de uma chapa de aço para produzir uma componente de alta resistência. Estes elementos podem ser usados sozinhos ou em combinação de dois ou mais. A partir do ponto de vista descrito anteriormente, pelo menos um de Mn e Cr é contido preferivelmente com um teor de 1,0% ou mais no total, mais preferivelmente de 1,5% ou mais no total, ainda mais preferivelmente de 1,8% ou mais no total, e ainda também preferivelmente de 2,0% ou mais no total. Entretanto, um teor em excesso de qualquer um destes elementos somente resulta em saturação do efeito do mesmo, e assim resulta em um aumento de custo. Assim, nesta modalidade, pelo menos um de Mn e Cr é contido preferivelmente com um teor de 5,0% ou menos no total, mais preferivelmente de 3,5% ou menos no total, e ainda mais preferivelmente de 2,8% ou menos no total.

[047] A composição de componentes pode incluir os componentes descritos anteriormente, com o restante sendo ferro e impurezas incidentais. As impurezas incidentais podem incluir, por exemplo, fósforo (P), enxofre (S) e nitrogênio (N) tal como descrito a seguir.

[048] Uma vez que fósforo reduz ductilidade, o teor de P preferivelmente é limitado a 0,05% ou menos, mais preferivelmente a 0,045% ou menos, e ainda mais preferivelmente a 0,040% ou menos. Notar que o teor de P não pode ser reduzido para 0% por motivos de fabricação, e assim

o limite inferior do teor de P é maior que 0%.

[049] Enxofre também reduz ductilidade de modo similar ao de P, e o teor de S preferivelmente é limitado a 0,05% ou menos, mais preferivelmente a 0,045% ou menos, e ainda mais preferivelmente a 0,040% ou menos. Notar que o teor de S não pode ser reduzido para 0% por motivos de fabricação, e assim o limite inferior do teor de S é maior que 0%.

[050] Nitrogênio fixa boro (B) como BN, reduzindo desse modo o efeito de melhoramento de propriedade de têmpera. Além do mais, nitrogênio forma segregação grosseira contendo Ti tal como segregação de TiN, o que pode agir como um ponto de início de fratura, e reduzir a ductilidade das chapas de aço. Assim, o teor de N preferivelmente é de 0,01% ou menos, mais preferivelmente de 0,008% ou menos, e ainda mais preferivelmente de 0,006% ou menos. Notar que o teor de N não pode ser reduzido para 0% por motivos de fabricação, e assim o limite inferior do teor de N é maior que 0%.

[051] Além dos elementos descritos anteriormente, conter elemento(s) seletivo(s) descrito(s) a seguir tal como titânio (Ti) em uma quantidade adequada pode ter efeitos tais como facilitação para obtenção de alta resistência. Se pelo menos um de Ti, B, alumínio (Al), molibdênio (Mo), cobre (Cu), níquel (Ni), nióbio (Nb), vanádio (V) e zircônio (Zr) estiver contido, estes elementos podem ser usados sozinho ou em combinação de dois ou mais. Estes elementos serão descritos a seguir.

Ti: 0% ou mais a 0,10% ou menos

[052] Titânio fixa nitrogênio como TiN para induzir boro para existir em um estado de solução sólida, e é assim efetivo em fornecer boa propriedade de têmpera. Se tal efeito

de titânio tiver que ser utilizado, o teor de Ti preferivelmente é maior que 0%, mais preferivelmente de 0,015% ou mais, e ainda mais preferivelmente de 0,020% ou mais. Entretanto, um teor de Ti em excesso aumenta a resistência das chapas de aço a ser processada mais que o necessário, diminuindo desse modo a vida da ferramenta de corte e da matriz de punctionamento, e aumentando assim o custo. Portanto, o teor de Ti preferivelmente é de 0,10% ou menos, mais preferivelmente de 0,06% ou menos, e ainda mais preferivelmente de 0,04% ou menos.

B: 0% ou mais a 0,005% ou menos

[053] Boro é um elemento útil para melhorar a propriedade de têmpera de um produto de aço para alcançar alta resistência mesmo usando resfriamento lento. Se tal efeito de boro tiver que ser utilizado, o teor de B preferivelmente é maior que 0%, mais preferivelmente de 0,0003% ou mais, ainda mais preferivelmente de 0,0015% ou mais, e ainda também preferivelmente de 0,0020% ou mais. Entretanto, um teor de B em excesso resulta em geração em excesso de BN, diminuindo desse modo em tenacidade. Assim, o teor de B preferivelmente é de 0,005% ou menos, mais preferivelmente de 0,0040% ou menos, e ainda mais preferivelmente de 0,0035% ou menos.

Al: 0% ou mais a 0,5% ou menos

[054] Alumínio é um elemento usado para retirada de acidez. Se este efeito tiver que ser utilizado, o teor de Al preferivelmente é maior que 0%, e mais preferivelmente de 0,01% ou mais. Entretanto, um teor de Al maior tem um efeito maior em elevar a temperatura Ac3, exigindo desse modo uma temperatura de aquecimento maior em prensagem a quente, o que reduz eficiência de produção. Assim, o teor de Al

preferivelmente é de 0,5% ou menos, mais preferivelmente de 0,20% ou menos, ainda mais preferivelmente de 0,10% ou menos, e ainda também preferivelmente de 0,050% ou menos.

Mo: 0% ou mais a 1% ou menos

[055] Molibdênio é um elemento efetivo em melhorar a propriedade de têmpera de uma chapa de aço. É considerado que contenção deste elemento reduz variação em dureza dos produtos formados. Se este efeito de molibdênio tiver que ser utilizado, o teor de Mo preferivelmente é maior que 0%, mais preferivelmente de 0,01% ou mais, e ainda mais preferivelmente de 0,1% ou mais. Entretanto, um teor de Mo em excesso somente resulta em saturação deste efeito, e assim resulta em um aumento de custo. Assim, o teor de Mo preferivelmente é de 1% ou menos, mais preferivelmente de 0,8% ou menos, e ainda mais preferivelmente de 0,5% ou menos.

Cu: 0% ou mais a 0,5% ou menos

[056] Cobre é um elemento efetivo em melhorar a propriedade de têmpera, e também é útil para melhorar resistência à fratura retardada e resistência à oxidação de um produto formado. Se este efeito de cobre tiver que ser utilizado, o teor de Cu preferivelmente é maior que 0%, mais preferivelmente de 0,01% ou mais, e ainda mais preferivelmente de 0,1% ou mais. Entretanto, um teor de Cu em excesso pode causar uma falha de superfície durante fabricação de chapa de aço. Isto degradará propriedade de decapagem, e assim reduzirá produtividade. Assim, o teor de Cu preferivelmente é de 0,5% ou menos, e mais preferivelmente de 0,3% ou menos.

Ni: 0% ou mais a 0,5% ou menos

[057] Níquel é um elemento efetivo em melhorar a

propriedade de têmpora, e também é útil para melhorar resistência à fratura retardada e resistência à oxidação de um produto formado. Se este efeito de níquel tiver que ser utilizado, o teor de Ni preferivelmente é maior que 0%, mais preferivelmente de 0,01% ou mais, e ainda mais preferivelmente de 0,1% ou mais. Entretanto, um teor de Ni em excesso pode causar uma falha de superfície durante fabricação de chapa de aço. Isto degradará propriedade de decapagem, e assim reduzirá produtividade. Assim, o teor de Ni preferivelmente é de 0,5% ou menos, e mais preferivelmente de 0,3% ou menos.

Nb: 0% ou mais a 0,10% ou menos

[058] Nióbio é um elemento tendo um efeito de construir uma estrutura mais refinada, contribuindo desse modo para um aumento em tenacidade. Assim, se nióbio tiver que ser contido, o teor de Nb preferivelmente é maior que 0%, mais preferivelmente de 0,005% ou mais, e ainda mais preferivelmente de 0,010% ou mais. Entretanto, um teor de Nb em excesso aumenta a resistência das chapas de aço, reduzindo desse modo a vida de ferramenta na etapa de estampagem incluindo uma operação tal como cortar uma chapa de aço em uma forma predeterminada antes de conformação por prensagem a quente. Isto aumenta o custo. Assim, o teor de Nb preferivelmente é de 0,10% ou menos, e mais preferivelmente de 0,05% ou menos.

V: 0% ou mais a 0,10% ou menos

[059] Vanádio é um elemento tendo um efeito de construir uma estrutura mais refinada, contribuindo desse modo para um aumento em tenacidade. Assim, se vanádio tiver que ser contido, o teor de V preferivelmente é maior que 0%, mais

preferivelmente de 0,005% ou mais, e ainda mais preferivelmente de 0,010% ou mais. Entretanto, um teor de V em excesso aumenta a resistência das chapas de aço de modo similar ao caso de Nb, reduzindo desse modo a vida de ferramenta na etapa de estampagem. Isto aumenta o custo. Assim, o teor de V preferivelmente é de 0,10% ou menos, e mais preferivelmente de 0,05% ou menos.

Zr: 0% ou mais a 0,10% ou menos

[060] Zircônio é um elemento tendo um efeito de construir uma estrutura mais refinada, contribuindo desse modo para um aumento em tenacidade. Assim, se zircônio tiver que ser contido, o teor de Zr preferivelmente é maior que 0%, mais preferivelmente de 0,005% ou mais, e ainda mais preferivelmente de 0,010% ou mais. Entretanto, um teor de Zr em excesso aumenta a resistência das chapas de aço de modo similar aos casos de Nb e V, reduzindo desse modo a vida de ferramenta na etapa de estampagem. Isto aumenta o custo. Assim, o teor de Zr preferivelmente é de 0,10% ou menos, e mais preferivelmente de 0,05% ou menos.

[061] O método para fabricar as chapas de aço não está limitado. É suficiente executar, usando métodos gerais, fundição, aquecimento e laminação a quente, e decapagem seguida por laminação a frio tal como necessário e, além disso, recozimento tal como necessário. Além do mais, a chapa de aço laminada a quente ou chapa de aço laminada a frio produzida pode ser revestida, tal como necessário, usando revestimento tal como revestimento contendo zinco usando um método geral, e então também ser ligado tal como necessário.

[062] Vários aspectos da tecnologia são revelados neste documento tal como descrito anteriormente, alguns dos quais

serão resumidos a seguir.

[063] Em um aspecto da presente invenção, um componente de junção de cravação mecânica é um componente de junção de cravação mecânica formado de duas ou mais chapas de aço, onde o componente inclui pelo menos uma parte de junção tendo uma resistência ao descolamento de 0,200 kN/mm ou maior, e o componente tem uma dureza de 360 Hv ou maior.

[064] Em um outro aspecto da presente invenção, um método para fabricar o componente de junção de cravação mecânica sequencialmente inclui aquecer as duas ou mais chapas de aço para uma temperatura Ac3 ou acima; e executar união por cravação mecânica de maneira que um equivalente de carbono Ceq das chapas de aço, um tempo de retenção de ponto morto inferior t e uma temperatura inicial de união T durante união por cravação mecânica satisfaçam relações da equação (1) a seguir e da equação (2) a seguir:

$$\text{Ceq} \times (0,00209 \times t + 0,000731 \times T - 0,0365) \geq 0,200 \quad \dots \quad (1)$$

$$\text{Ceq} \geq -0,00071 \times T + 0,993 \quad \dots \quad (2)$$

onde Ceq representa o equivalente de carbono (% em massa) das chapas de aço calculado pela equação (3) a seguir, t representa o tempo de retenção de ponto morto inferior (segundo), e T representa a temperatura inicial de união (°C). Se o valor de Ceq diferir nas duas ou mais chapas de aço, um valor mais baixo de Ceq é usado.

$$\text{Ceq} = C + (1/6) \times \text{Mn} + (1/24) \times \text{Si} + (1/40) \times \text{Ni} + (1/5) \times \text{Cr} + (1/4) \times \text{Mo} + (1/14) \times \text{V} \quad \dots \quad (3)$$

onde cada um dos nomes de elementos representa um teor em % de massa nas chapas de aço, e representa zero se esse elemento não estiver contido.

[065] Cada uma das duas ou mais chapas de aço usadas no método para fabricar o componente de junção de cravação mecânica pode ter uma composição de componente em % de massa satisfazendo:

C: 0,15% a 0,4%,

Si: mais que 0% a 2% ou menos, e pelo menos um de Mn e Cr: 1,0% a 5,0% no total, e satisfazendo adicionalmente Ti: 0% ou mais a 0,10% ou menos, B: 0% ou mais a 0,005% ou menos, Al: 0% ou mais a 0,5% ou menos, Mo: 0% ou mais a 1% ou menos, Cu: 0% ou mais a 0,5% ou menos, Ni: 0% ou mais a 0,5% ou menos, Nb: 0% ou mais a 0,10% ou menos, V: 0% ou mais a 0,10% ou menos, e Zr: 0% ou mais a 0,10% ou menos.

[066] O método para fabricar o componente de junção de cravação mecânica também pode executar conformação por prensagem a quente na etapa de executar união por cravação mecânica.

[067] O método para fabricar o componente de junção de cravação mecânica pode executar a etapa de executar união por cravação mecânica uma pluralidade de vezes.

EXEMPLOS

[068] A presente invenção será descrita a seguir mais especificamente usando exemplos. Entretanto, a presente invenção não está limitada aos exemplos descritos a seguir, e várias modificações comensuradas com o espírito descrito anteriormente e a seguir podem ser feitas a isto. O escopo técnico da presente invenção abrange todas as tais modificações.

Exemplo 1

[069] Cada uma de uma chapa de aço A e uma chapa de aço

B tendo composições de componentes ilustradas na Tabela 3 foi usada para preparar duas amostras tendo as dimensões de 150 mm x 50 mm e espessura de chapa de 1,4 mm, e cada par das duas amostras de teste foi cravado mecanicamente de forma conjunta usando a ferramenta ilustrada na figura 3. Com mais detalhes, referindo-se à figura 3, a chapa de aço 1 e a outra chapa de aço 2 aquecidas em 930 °C durante 4 minutos foram empilhadas conjuntamente, de forma transversal, uma em cima da outra, e foram colocadas na plataforma de suporte 3 entre o punção de união 6 incluído no prendedor de punção de união 7 e a matriz de união 4 incluída no prendedor de matriz de união 5. Após resfriamento a ar para a temperatura inicial de união descrita a seguir, a matriz de união 4 foi abaixada para executar união por cravação mecânica de acordo com as condições listadas a seguir, e amostras de teste representando o componente foram assim produzidas.

Condição de união

Pressão de prendedor: 3 ton-força (tonf)

Diâmetro de punção: $D_p = 10,0 \text{ mm}$

Diâmetro de matriz: $D = 14,0 \text{ mm}$

Taxa de conformação: 20 spm

Temperatura inicial de união: tal como ilustrado na Tabela 4 para a chapa de aço A, e tal como ilustrado na Tabela 5 para a chapa de aço B

Tempo de retenção de ponto morto inferior: tal como ilustrado na Tabela 4 para a chapa de aço A, e tal como ilustrado na Tabela 5 para a chapa de aço B

[070] A dureza e resistência ao descolamento das amostras de teste produzidas foram determinadas tal como se segue.

Determinação de dureza de amostra de teste

[071] Como a dureza de uma amostra de teste, dureza Vickers Hv foi determinada em três pontos por chapa de aço em uma condição de carga de 1 kgf em uma parte a não ser a parte de junção, isto é, em uma parte de suporte do componente, em uma localização de espessura de chapa de 1/4 de cada chapa de aço que constitui o componente. Foi calculada a média dos resultados dos três pontos para cada chapa de aço, e o valor médio mais baixo nas chapas de aço foi usado como a dureza desse componente. Avaliação foi feita conforme os critérios seguintes.

Critérios de avaliação de dureza

Muito Boa: $Hv \geq 450$

Boa: $450 > Hv \geq 360$

Inferior: $Hv < 360$

Determinação de resistência ao descolamento de amostra de teste

[072] A resistência à tração transversal CTS (kN) de cada amostra de teste foi medida de acordo com a JIS Z 3137. Este valor de CTS foi dividido pela circunferência L (mm) da parte de junção para calcular a resistência à tração transversal por comprimento periférico unitário CTS/L (kN/mm) da parte de junção como a resistência ao descolamento. Uma resistência ao descolamento correspondendo a este valor de CTS/L de 0,200 kN/mm ou maior foi classificada como alta.

[073] As figuras 4A e 4B são diagramas ilustrando seções transversais da matriz usada e do componente de junção produzido. Tal como ilustrado na figura 4B, a diâmetro de junção d do componente de junção foi medido, e então um valor de d/D também foi calculado ao dividir este diâmetro de

junção d pelo diâmetro de matriz D ilustrado na figura 4A. Um valor de d/D menor indica união mais forte, e o valor de d/D preferivelmente é 1,029 ou menos.

[074] Os resultados para a chapa de aço A e os resultados para a chapa de aço B estão respectivamente incluídos na Tabela 4 e na Tabela 5.

Tabela 3

CHAPA DE AÇO	COMPOSIÇÃO DE COMPONENTES (% EM MASSA) COM RESTANTE DE FERRO E IMPUREZAS INCIDENTAIS A NÃO SER P, S E N										Ceq (%) EM MASSA)	Ac3 (°C)	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	B	Al	N			
	A	0,231	0,18	1,29	0,012	0,0030	0,21	0,024	0,0029	0,039	0,0049	0,496	910
B	0,219	1,13	2,21	0,011	0,0010	0,02	0,023	0,0019	0,045	0,0036	0,638	928	

Tabela 4

No. .	CHAP A DE AÇO	Ceq (% EM MASSA)	TEMPERATUR A INICIAL (°C)	TEMPO DE REtençãO DE PONTO MORTO INFERIOR t (SEGUNDO)	Ceq x f (T, t) *	- 0,0007 1 x T+0,99 3	DUREZA Hv	RESISTêNCI A AO DESCOLAMEN TO CTS/L (kN/mm)	d/D
1	A	0,496	800	2,5	0,274 2	0,4250	BOA	0,280	1,02 3
2				5	0,276 8	0,4250	BOA	0,302	1,01 7
3	A	0,496	800	7,5	0,279 4	0,4250	BOA	0,307	1,01 5
4				10	0,282 0	0,4250	MUITO BOA	0,307	1,02 4
5			700	2,5	0,238	0,4960	BOA	0,254	1,02

			0					9
6		700	5	0,240 6	0,4960	BOA	0,263	1,02 8
7		700	7,5	0,243 2	0,4960	BOA	0,248	1,02 7
8		700	10	0,245 8	0,4960	MUITO BOA	0,269	1,02 4
9		600	10	0,209 6	0,5670	INFERIO R	0,104	1,03 0

* $C_{eq} \times f(T, t) = C_{eq} \times (0,00209 \times t + 0,000731 \times T - 0,0365)$

Tabela 5

No.	CHAPA DE AÇO	Ceq (%) EM MASSA)	TEMPERATURA INICIAL DE UNIÃO (°C)	TEMPO DE RETENÇÃO DE PONTO MORTO INFERIOR t (SEGUNDO)	Ceq x f (T, t) *	- 0,00071 x T+0,993	DUREZA Hv	RESISTÊNCIA AO DESCOLA- MENTO CTS/L (kN/mm)	d/D
1			800	0	0,3500	0,4250	MUITO BOA	0,316	1,0270
2			800	2,5	0,3533	0,4250	MUITO BOA	0,337	1,0130
3			800	5	0,3567	0,4250	MUITO BOA	0,349	1,0111
4			800	7,5	0,3600	0,4250	MUITO BOA	0,369	1,0093
5			800	10	0,3633	0,4250	MUITO BOA	0,381	0,9963
6			700	0	0,3033	0,4960	MUITO BOA	0,319	1,0125

7	B	0,638	700	2,5	0,3067	0,4960	MUITO BOA	0,343	1,0195
8			700	10	0,3167	0,4960	MUITO BOA	0,342	1,0111
9			600	0	0,2567	0,5670	MUITO BOA	0,248	1,0158
10			600	10	0,2700	0,5670	MUITO BOA	0,313	1,0181
11			500	0	0,2100	0,6380	MUITO BOA	0,212	1,0176
12			500	10	0,2233	0,6380	MUITO BOA	0,282	1,0204
13			400	0	0,1633	0,7090	NÃO PODE SER UNIDA		
14			400	2,5	0,1667	0,7090	MUITO BOA	0,137	1,0310
15			400	5	0,1700	0,7090	MUITO BOA	0,150	1,0300
16			300	0	0,1167	0,7800	OCORREU FISSURA DURANTE UNIÃO		

$$* \text{Ceq} \times f(T, t) = \text{Ceq} \times (0,00209 \times t + 0,000731 \times T - 0,0365)$$

[075] Primeiro, a Tabela 4 mostra os resultados seguintes para o caso da chapa de aço A. As amostras de Nos. 1 a 8 são aquelas dos exemplos de executar união por cravação mecânica de maneira que o equivalente de carbono Ceq das chapas de aço usado, o tempo de retenção de ponto morto inferior t e a temperatura inicial de união T durante união por cravação mecânica satisfaçam relações da equação (1) e da equação (2) predeterminadas. Nestes exemplos, união foi executada de modo bem sucedido sem ocorrência de uma fissura, e o componente produzido teve uma dureza Hv alta

correspondendo a 1.180 MPa ou maior, e uma resistência ao descolamento CTS/L de 0,200 kN/mm ou maior. Dentro estes, tal como mostrado pelos resultados das amostras de Nos. 4 e 8, um tempo de retenção de ponto morto inferior de 10 segundos resultou em dureza satisfatória. Em particular, tal como mostrado pelo resultado da No. 4, uma combinação de uma temperatura inicial de união de 800 °C e um tempo de retenção de ponto morto inferior de 10 segundos resultou adicionalmente em resistência ao descolamento suficientemente alta.

[076] Ao contrário, a amostra No. 9 teve uma temperatura inicial de união que não satisfez a equação (2), e desse modo induziu uma fase macia para se separar. Portanto, mesmo que fissuras não tenham ocorrido, a dureza foi baixa e a resistência ao descolamento também foi baixa.

[077] A seguir, a Tabela 5 mostra os resultados seguintes para o caso da chapa de aço B. As amostras de Nos. 1 a 12 são aquelas dos exemplos de executar união por cravação mecânica de maneira que o equivalente de carbono Ceq das chapas de aço usado, o tempo de retenção de ponto morto inferior t e a temperatura inicial de união T durante união por cravação mecânica satisfaçam relações da equação (1) e da equação (2) predeterminadas. Nestes exemplos, união foi executada de modo bem sucedido sem ocorrência de uma fissura, e o componente produzido teve uma dureza Hv alta correspondendo a 1.180 MPa ou maior, e uma resistência ao descolamento CTS/L de 0,200 kN/mm ou maior. Em particular, uma temperatura inicial de união de 500 °C ou maior alcançou tanto Hv ≥ 450 quanto CTS/L ≥ 0,200 kN/mm mesmo sem retenção no ponto morto inferior.

[078] Dentre estes, tal como mostrado pelo resultado da No. 5, uma combinação de uma temperatura inicial de união de 800 °C e um tempo de retenção de ponto morto inferior de 10 segundos resultou em resistência ao descolamento suficientemente alta. Observação de uma seção transversal desta amostra No. 5, tal como ilustrado na figura 5A, mostra que pressão plana exercida na interface entre as chapas de aço aquecidas durante união por cravação mecânica acelera interdifusão para causar união por difusão, tal como ilustrado na figura 5B, e na figura 5C que ilustra uma imagem ampliada da parte de elipse da figura 5B. É provável que esta união por difusão tenha fornecido maior resistência ao descolamento na amostra No. 5.

[079] Tal como ilustrado na Tabela 5, no caso da chapa de aço B, chapas de aço podem ser unidas conjuntamente usando uma temperatura inicial de união de 500 a 600 °C, e além do mais o tempo de retenção de ponto morto inferior pode ser reduzido ou omitido. Isto capacita união em um processo de múltiplas etapas, e união a uma parte de parede vertical tal como um ilustrado nas figuras 2A a 2C também é possível.

[080] Em contraste, uma temperatura inicial de união de 400 °C não fez com que fissuras ocorressem, mas tal como mostrado pelo resultado da No. 13, em particular, omissão de retenção no ponto morto inferior causou falha ao prensar as partes a ser unidas. Assim, as chapas de aço não foram unidas. Além do mais, tal como mostrado pelos resultados das amostras de Nos. 14 e 15, os tempos de retenção de 2,5 segundos e de 5 segundos podem fornecer a dureza satisfazendo $Hv \geq 360$, mas a resistências ao descolamento foram insatisfatórias.

[081] Além do mais, tal como mostrado pelo resultado da No. 16, uma temperatura inicial de união de 300 °C fez com que uma fissura ocorresse durante união.

[082] A figura 6, feita com base nos resultados da Tabela 4 e da Tabela 5 acima, mostra que os valores de lado esquerdo da equação (1) e os valores de CTS/L quase casam.

Exemplo 2

[083] Neste Exemplo, avaliação foi feita em propriedades para casos nos quais amostras da chapa de aço B foram unidas conjuntamente em uma mesma parte múltiplas vezes. Com mais detalhes, os procedimentos para os respectivos exemplos da Tabela 6 foram tais como a seguir:

- No. 1: aquecida para 930 °C → resfriada a ar para uma temperatura inicial de união de 800 °C → união por cravação mecânica → avaliação de propriedade;
- No. 2: aquecida para 930 °C → resfriada a ar para uma temperatura inicial de união de 800 °C → primeira união por cravação mecânica → segunda união por cravação mecânica → avaliação de propriedade;
- No. 3: aquecida para 930 °C → resfriada a ar para uma temperatura inicial de união de 800 °C → primeira união por cravação mecânica → segunda união por cravação mecânica → terceira união por cravação mecânica → avaliação de propriedade.

[084] A união por cravação mecânica descrita anteriormente foi executada usando a ferramenta ilustrada na figura 3 de acordo com as condições ilustradas na Tabela 6. As propriedades, isto é, dureza, resistência ao descolamento e d/D, das amostras de teste produzidas foram determinadas de modo similar ao do Exemplo 1. Os resultados estão

ilustrados na Tabela 6.

Tabela 6

No.	CHAP A DE AÇO	Ceq (% MASSA)	TEMPE- RATURA L DE UNIÃO T (°C)	TEMPO DE INICIA DE PONTO MORTO INFERIOR t (SEGUNDO)	NÚMERO DE OPERA- ÇÕES DE JUNÇÃO	Ceq x f (T, t) *	- 0,0007 1 x T + 0,993	DU- REZA Hv	RESIS- TÊNCIA AO DES- COLA- MENTO CTS/L (kN/mm)	d/D
1	B	0,638	800	0	1	0,3500	0,4250	MUITO BOA	0,316	1,027
2			800	0	2	0,3533	0,4250	MUITO BOA	0,324	1,025
3			800	0	3	0,3567	0,4250	MUITO BOA	0,334	1,021

$$* \text{Ceq} \times f(T, t) = \text{Ceq} \times (0,00209 \times t + 0,000731 \times T - 0,0365)$$

[085] A Tabela 6 mostra que executar um número maior das operações de união aumenta a resistência ao descolamento CTS/L. Isto pode ser porque, apesar de o tempo de retenção de ponto morto inferior ser zero, prensar uma mesma parte consecutivamente aumenta o número de contatos entre a chapa de aço e a ferramenta para aumentar o tempo de contato total entre elas, diminuindo desse modo o valor de d/D.

[086] O presente pedido é baseado no pedido de patente japonês 2016-072486 depositado em 31 de março de 2016, cuja revelação está incorporada a este documento na sua totalidade.

[087] Para descrever a invenção, a invenção foi descrita na descrição anterior de modo apropriado e suficientemente

usando modalidades com referência para exemplos específicos e outros mais. Entretanto, é para ser entendido que mudanças e/ou modificações para as modalidades expostas anteriormente ocorrerão prontamente para os versados na técnica. Portanto, a não ser que uma mudança ou modificação feita pelos versados na técnica esteja além do escopo das reivindicações anexas, tal mudança ou modificação é para estar contida no escopo das reivindicações anexas.

APLICABILIDADE INDUSTRIAL

[088] A presente invenção tem uma faixa ampla de aplicabilidade industrial em campos técnicos se relacionando com união por cravação mecânica.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fabricar um componente de junção de cravação mecânica, o método **caracterizado** pelo fato de que compreende sequencialmente:

aquecer duas ou mais chapas de aço para uma temperatura Ac_3 ou acima, as chapas de aço tendo uma resistência à tração de 1180 MPa ou mais; e

executar união por cravação mecânica de maneira que um equivalente de carbono C_{eq} das chapas de aço, um tempo de retenção de ponto morto inferior t e uma temperatura inicial de união T durante união por cravação mecânica satisfaçam relações da equação (1) a seguir e da equação (2) a seguir:

$$C_{eq} \times (0,00209 \times t + 0,000731 \times T - 0,0365) \geq 0,200 \\ \dots \quad (1)$$

$$C_{eq} \geq -0,00071 \times T + 0,993 \quad \dots \quad (2)$$

onde C_{eq} representa o equivalente de carbono (%) em massa) das chapas de aço calculado pela equação (3) a seguir, t representa o tempo de retenção de ponto morto inferior (segundo), e T representa a temperatura inicial de união ($^{\circ}C$), em que, se um valor de C_{eq} diferir nas duas ou mais chapas de aço, um valor mais baixo de C_{eq} é usado,

$$C_{eq} = C + (1/6) \times Mn + (1/24) \times Si + (1/40) \times Ni + (1/5) \times Cr + (1/4) \times Mo + (1/14) \times V \quad \dots \quad (3)$$

onde cada um dos nomes de elementos representa um teor em % de massa nas chapas de aço, e representa zero se que elemento não estiver contido, e

em que o componente de junção de cravação mecânica inclui pelo menos uma parte de junção, ponto de transformação Ac_3 ($^{\circ}C$) = $910 - 203 \times [C] 0,5 - 15,2 \times [Ni] + 44,7 \times [Si] + 104 \times [V] + 31,5 \times [Mo] + 13,1 \times [W] - 30 \times [Mn] - 11 \times$

[Cr] - 20 x [Cu] + 700 x [P] + 400 x [Al] + 400 [Ti],

a conformação por prensagem a quente também é executada na etapa de executar união por cravação mecânica, e as duas ou mais chapas de aço tem uma composição de componentes em % de massa satisfazendo:

C: 0,15% a 0,4%,

Si: mais que 0% a 2% ou menos, e pelo menos um de Mn e Cr: 1,0% a 5,0% no total, e satisfazendo adicionalmente Ti: 0% ou mais a 0,10% ou menos, B: 0% ou mais a 0,005% ou menos, Al: 0% ou mais a 0,5% ou menos, Mo: 0% ou mais a 1% ou menos, Cu: 0% ou mais a 0,5% ou menos, Ni: 0% ou mais a 0,5% ou menos, Nb: 0% ou mais a 0,10% ou menos, V: 0% ou mais a 0,10% ou menos, e Zr: 0% ou mais a 0,10% ou menos, e o restante sendo ferro e impurezas incidentais.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de executar união por cravação mecânica é executada uma pluralidade de vezes.

FIGURA 1

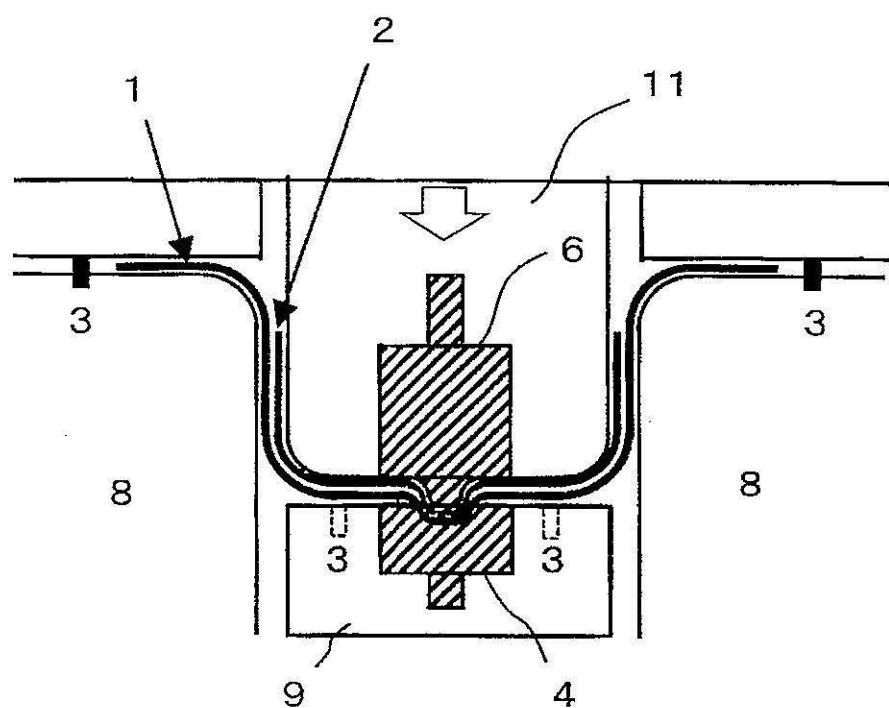


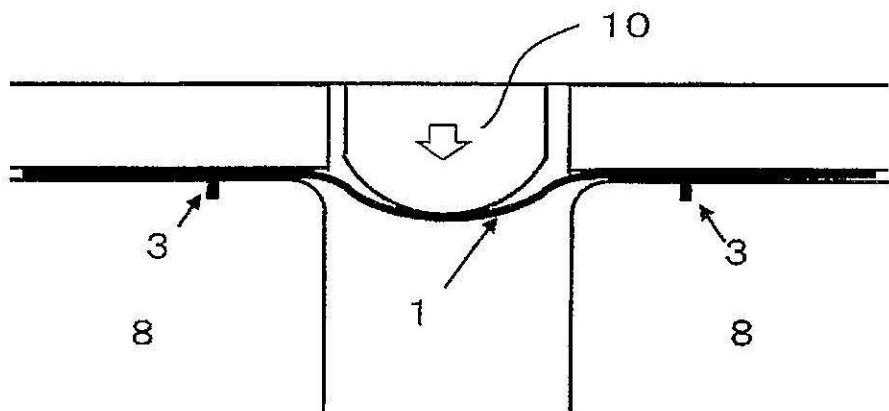
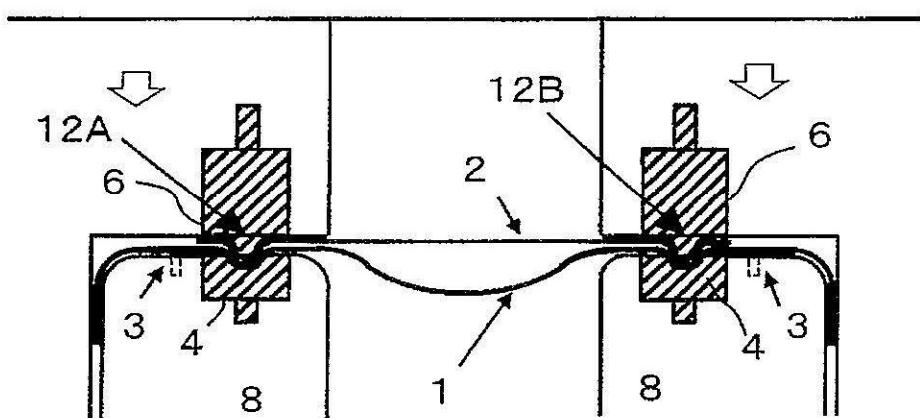
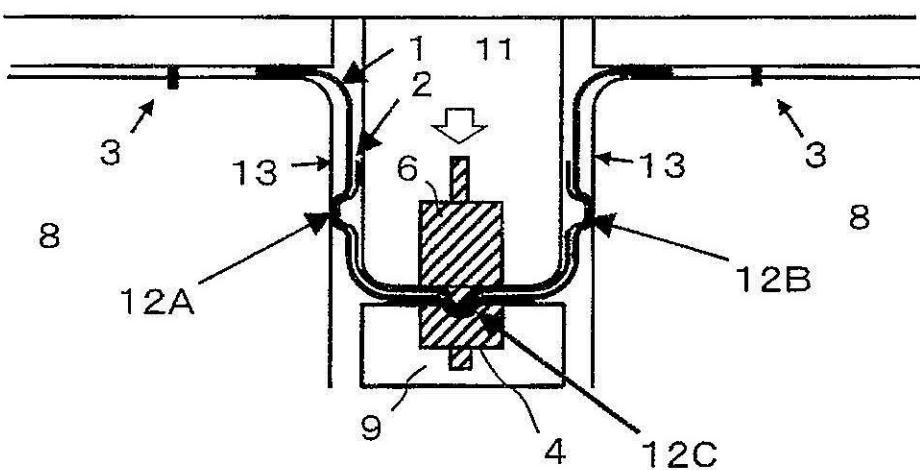
FIGURA 2A**FIGURA 2B****FIGURA 2C**

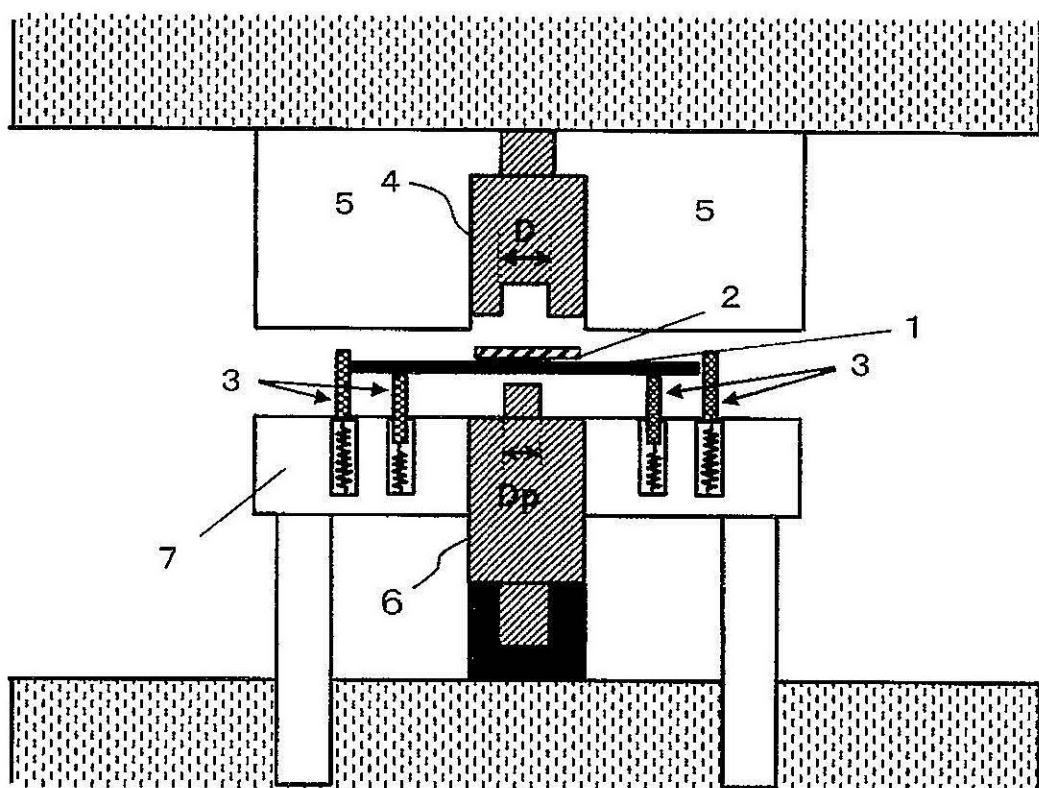
FIGURA 3

FIGURA 4A

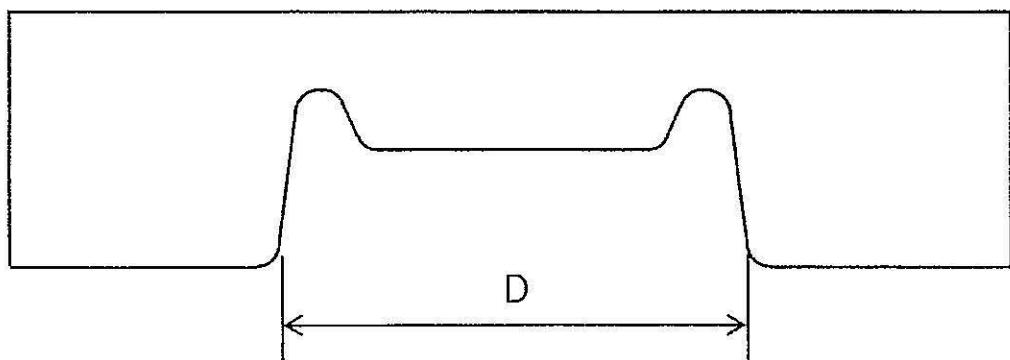


FIGURA 4B

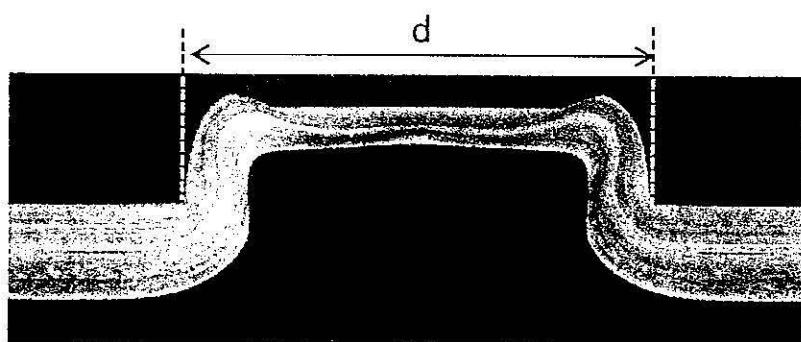


FIGURA 5A

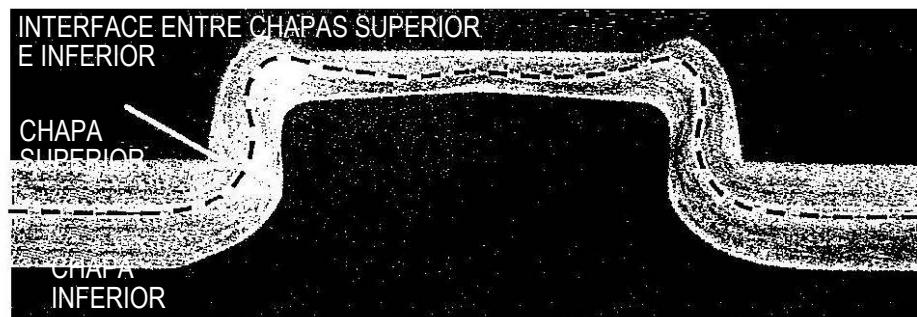


FIGURA 5B

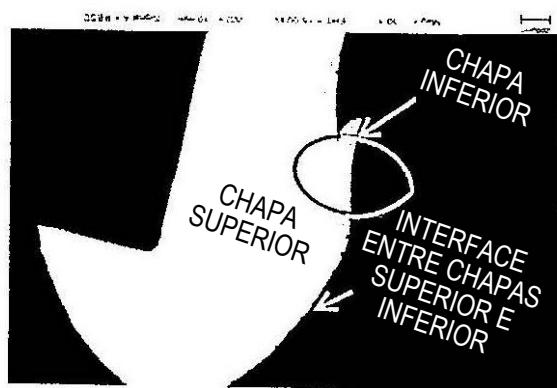


FIGURA 5C

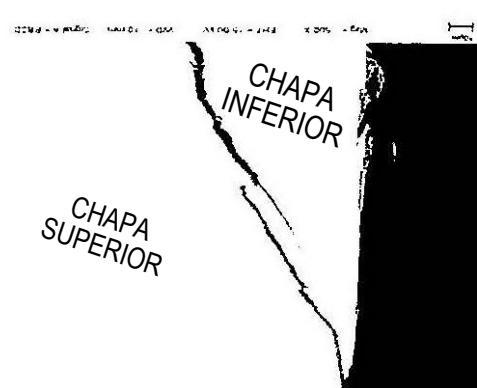


FIGURA 6