



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

(11) PI 0622071-1 B1



(22) Data do Depósito: 30/10/2006

(45) Data de Concessão: 23/07/2019

(54) Título: TIRA DE AÇO REVESTIDA E PROCESSO DE PRODUÇÃO DA MESMA

(51) Int.Cl.: B32B 15/00; C21D 9/46.

(73) Titular(es): ARCELORMITTAL FRANCE.

(72) Inventor(es): PASCAL DRILLET; DOMINIQUE SPEHNER; RONALD KEFFERSTEIN.

(86) Pedido PCT: PCT IB2006004019 de 30/10/2006

(87) Publicação PCT: WO 2008/053273 de 08/05/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 30/04/2009

(57) Resumo: TIRA DE AÇO REVESTIDA E PROCESSO DE PRODUÇÃO DA MESMA A presente invenção refere-se a tiras de aço revestidas tendo uma espessura bem definida e uniforme que é útil e vantajoso para preparar produtos por estampagem a quente, bem como processo de fabricação das mesmas. Produtos preparados por estampagem a quente tais como o aço são particularmente vantajosos quando submetidos a uma subsequente etapa de soldagem por pontos.

"TIRA DE AÇO REVESTIDA E PROCESSO DE PRODUÇÃO DA MESMA"

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a, entre outras coisas, aços revestidos, métodos de produção de tais aços revestidos, incluindo imersão a quente, método de uso de tais aços revestidos, discos de estampagem preparados a partir dos aços revestidos, e a vários usos dos produtos da invenção tais como soldagem por pontos, etc.

[002] Vantagens adicionais e outras características da presente invenção serão apresentadas em parte na descrição que segue e em parte se tornarão aparentes para aqueles que têm um conhecimento comum da técnica no exame do que se segue ou pode ser aprendido da prática da presente invenção. As vantagens da presente invenção podem ser realizadas e obtidas conforme mostrado particularmente nas reivindicações anexas. Conforme será notado, a presente invenção é capaz de outras e diferentes modalidades, e seus vários detalhes são capazes de modificações em vários aspectos óbvios, todos sem sair da presente invenção. A descrição deve ser considerada como ilustrativa por natureza, e não como restritiva.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[003] Em anos recentes o uso de aços pré-revestidos em processos de estampagem a quente para a estampagem de peças tornou-se importante, especialmente na indústria automotiva. A fabricação de tais peças pode incluir as seguintes etapas principais:

- pré-revestimento de chapas de aço, por imersão a quente;
- aparamento e corte para se obter discos;
- aquecimento dos discos para se obter ligação do substrato de aço com o pré-revestimento, bem como a austenitização do aço.
- conformação a quente seguida de resfriamento rápido da peça para se obter estruturas predominantemente martensíticas

[004] Vide, por exemplo, a U.S. 6.296.805, aqui incorporada como referência.

[005] Graças a uma ligação do pré-revestimento com o substrato de aço, que tem o efeito de criar ligas intermetálicas com alta temperatura de fusão, os discos tendo tal revestimento podem ser aquecidos em uma faixa de temperatura onde a austenização do substrato metálico ocorre, permitindo também o endurecimento por resfriamento brusco.

[006] Tratamentos térmicos dos discos em vista da ligação intermetálica do revestimento e a austenização do substrato são mais frequentemente executados em fornos, onde os discos viajam sobre cilindros. Os ciclos térmicos experimentados pelos discos incluem inicialmente uma fase de aquecimento cuja taxa é função de parâmetros tais como espessura dos discos, temperatura do forno, velocidade de passagem, e refletividade do revestimento.

[007] Após essa fase de aquecimento, os ciclos térmicos geralmente incluem uma fase de manutenção, cuja temperatura é a temperatura de regulação do forno. Entretanto, são experimentados problemas com a operação do forno: os cilindros podem se tornar obstruídos por depósitos metálicos que vêm do pré-revestimento dos discos. Se esses depósitos forem excessivos, a manutenção dos cilindros tem que ser executada e a produtividade é reduzida.

[008] Peças obtidas após o aquecimento e o resfriamento rápido apresentam uma resistência mecânica muito alta e podem ser usadas para aplicações estruturais, por exemplo, para aplicações na indústria automotiva. Essas peças podem ser frequentemente soldadas a outras e uma alta capacidade de soldagem é necessária. Isto significa que:

- a operação de soldagem deve ser executável em uma faixa de operação suficientemente ampla para garantir que uma eventual tendência dos

parâmetros nominais de soldagem não tenha incidência sobre a qualidade da solda. Para soldagem com resistência, que é muito comum na indústria automotiva, uma faixa de operação de soldagem é definida pela combinação de parâmetros: intensidade de corrente de soldagem I e força F aplicada das peças durante a soldagem estando entre os mais importantes. Uma combinação adequada desses parâmetros ajuda a garantir que um diâmetro de pepita insuficiente não seja obtido (provocado por uma intensidade muito baixa ou por uma força muito baixa) e que não ocorra expulsão da solda;

- a operação de soldagem deve também ser executada de tal forma que uma alta resistência mecânica seja obtida na solda. Essa resistência mecânica pode ser avaliada por testes tais como testes de tensão de cisalhamento ou testes de tensão transversal.

[009] Permanece a necessidade de aços revestidos que possam ser convenientemente usados para preparar peças conformadas por um processo de estampagem. Também permanece uma necessidade de aços revestidos que possam ser usados para preparar peças conformadas por um processo de estampagem que seja adequado para soldagem. Também permanece a necessidade de processos para preparar tais aços revestidos e peças estampadas.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[010] É Os inventores descobriram que certos aços revestidos nos quais uma tira de aço base é pelo menos parcialmente revestida (algumas vezes dita "pré-revestida", esse prefixo indicando que uma transformação da natureza do pré-revestimento ocorrerá durante o tratamento térmico antes da estampagem) em pelo menos um dos lados com um revestimento de alumínio ou de uma liga de alumínio e no qual o revestimento tem uma espessura definida e é preferivelmente e substancialmente uniforme, são convenientemente conformados em peças conformadas por estampagem após

o aquecimento e são convenientemente soldados. Em adição, os inventores descobriram que problema de obstrução dos cilindros descrito acima geralmente surge de um grau insuficiente de ligação intermetálica entre o substrato e o pré-revestimento metálico. Além disso, foi descoberto que a localização da obstrução dos cilindros corresponde a zonas dos discos em contato com os cilindros onde a espessura do pré-revestimento metálico excede localmente a espessura média. Embora não ligado a uma teoria particular, acredita-se que se o pré-revestimento for localmente muito espesso, a ligação intermetálica é insuficiente e o pré-revestimento se funde, obstruindo os cilindros. Assim, os inventores descobriram que o controle da homogeneidade da espessura do pré-revestimento sobre toda a chapa com as tolerâncias dadas é um fator importante para se obter o grau desejado de ligação intermetálica, permitindo melhorar a resistência à fusão subsequente do revestimento durante a passagem sobre os cilindros.

[011] Os inventores também descobriram que a capacidade de soldagem particularmente boa de peças aluminizadas e estampadas a quente é associada a uma sucessão especial de camadas de revestimento nas peças, progredindo do substrato de aço para fora.

[012] Os inventores também descobriram que uma combinação específica de tempo de transferência entre o forno de aquecimento e o molde de estampagem, da quantidade de deformação durante a estampagem, da temperatura da estampagem, da taxa de resfriamento do produto durante a estampagem, leva à fabricação de uma peça com uma estrutura homogênea totalmente martensítica e que um aumento na ductilidade ou na absorção de energia das peças após a estampagem é obtida pela redução do enxofre abaixo de um valor crítico, esses dois benefícios sendo obtidos com ou sem o revestimento de alumínio/liga de alumínio da invenção, e com outros revestimentos.

OBJETIVOS DA INVENÇÃO

[013] Consequentemente, em vista do acima, é um objetivo da presente invenção fornecer novas tiras de aço pré-revestido que possam ser convenientemente processadas em discos de estampagem.

[014] É outro objetivo da presente invenção fornecer novas tiras ou chapas de aço pré-revestidas que possam ser convenientemente conformadas em peças por estampagem.

[015] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novas chapas de aço revestidas que possam ser convenientemente conformadas em peças por estampagem a quente.

[016] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novos métodos para produção de tal aço revestido.

[017] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novos discos de estampagem que sejam preparados a partir de tal aço revestido.

[018] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novos métodos de produção de tais discos de estampagem.

[019] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novas peças estampadas que sejam preparadas a partir de tal aço revestido.

[020] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novos métodos de produção de tais peças estampadas.

[021] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novos produtos, tais como veículos motores, que contenham tais peças estampadas.

[022] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novas peças estampadas.

[023] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novos métodos de produção de peças estampadas soldadas.

[024] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novos produtos, tais como veículos motores, que contenham tais peças estampadas

soldadas.

[025] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novos aços revestidos soldados e discos de estampagem soldados.

[026] É um outro objetivo da presente invenção fornecer novos métodos de produção de tais aços revestidos soldados e discos estampados soldados.

[027] Esses e outros objetivos se tornarão aparentes durante a descrição detalhada a seguir.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[028] A Figura 1 ilustra uma modalidade preferida de uma peça revestida da invenção, após o tratamento térmico e a estampagem. A sucessão de camadas do revestimento no substrato de aço é (a) camada de interdifusão; (b) camada intermediária; (c) camada intermetálica; e (d) camada superficial. O arranjo é particularmente favorável para a posterior soldagem da peça.

[029] A Figura 2 ilustra um revestimento de um substrato de aço após o tratamento térmico e estampagem que não correspondem à invenção. Essa sucessão de camadas (camada de interdifusão e camada intermetálica) produzem resultados inferiores em soldagem de resistência por pontos.

[030] A Figura 3 ilustra a microestrutura de uma peça de aço, estampada a quente e resfriada sob condições em desacordo com a invenção.

[031] A Figura 4 ilustra a microestrutura de uma peça de aço, estampada a quente e resfriada conforme um conjunto preferido de condições conforme a invenção.

[032] A Figura 5 ilustra a influência do enxofre no ângulo de dobramento das peças após a estampagem a quente.

[033] A Figura 6 ilustra a influência do enxofre na energia de iniciação da fratura das peças após a estampagem a quente.

[034] A Figura 7 mostra condições de temperatura do forno como

função do tempo total de residência no forno para chapas com espessura total de 0,7-1,5 mm e 1,5-3,0 mm que fornecem revestimentos particularmente favoráveis para soldagem.

DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO

[035] O Conforme notado acima, os inventores descobriram que certas chapas revestidas, nas quais o aço base é pelo menos parcialmente pré-revestido em pelo menos um lado com um revestimento ou de alumínio ou de uma liga de alumínio e no qual o pré-revestimento tem uma espessura definida e é substancialmente uniforme, são convenientemente conformadas em peças conformadas por estampagem, formam uma base para a invenção.

[036] No contexto da presente invenção, os termos primeiro lado (ou lado 1) e segundo lado (ou lado 2) da tira ou chapa, etc., do aço base se refere a duas grandes superfícies, de faces opostas, que têm uma área de superfície definida pelo comprimento e pela largura da tira de aço base. Em contraste, as bordas laterais da tira do aço base são duas pequenas superfícies, de faces opostas, que têm uma área de superfície definida pelo comprimento e pela espessura da tira. As bordas superior e inferior da tira do aço base e duas pequenas superfícies, de faces opostas, que têm uma superfície de área definida pela largura e pela espessura da tira. A seguir, t_p designa a espessura do pré-revestimento, em qualquer local considerado nos lados 1 e 2 de uma chapa ou de um disco. Em particular, no caso de chapas revestidas nos dois lados 1 e 2, t_{p1} representa a espessura no lado 1, e t_{p2} representa a espessura no lado 2.

[037] De acordo com uma modalidade altamente preferida t_p é controlada em uma faixa precisa, expressa por (t_{pmin}, t_{pmax}) , para melhorar a resistência à obstrução dos cilindros. A espessura é preferivelmente controlada, tanto na direção longitudinal (ou de laminação) da tira ou chapa, quanto na direção transversal.

[038] Em relação ao problema da obstrução dos cilindros, o controle da espessura do pré-revestimento no lado da chapa ou disco que está diretamente em contato com os cilindros é especialmente importante. Porque diferentes operações podem se seguir à etapa de revestimento da chapa de aço (por exemplo, revestimento por imersão a quente o que fornece lados revestidos 1 e 2), é preferível controlar cuidadosamente o pré-revestimento em ambos os lados da chapa. Por exemplo, após qualquer operação entre bobinamento, manuseio, corte, perfuração, etc. os lados 1 e 2 podem não ser prontamente identificáveis. Mas quando o controle da t_p é efetuado nos dois lados da chapa que foi revestida (primeiro lado e segundo lado) não é necessário perseguir os lados 1 e 2 uma vez que nenhum deles obstruirá os cilindros. Em adição, não é necessário aparar a chapa para se obter uma chapa menor preferida tendo uma homogeneidade mais uniforme da espessura do pré-revestimento, fornecendo assim uma chapa que seja pré-revestida, por exemplo, por imersão a quente. Em outras palavras, benefícios importantes são obtidos quando se controla a espessura mínima e máxima do pré-revestimento do primeiro lado (t_{pmin1} , t_{pmax1}) e a espessura mínima e máxima do pré-revestimento do segundo lado (t_{pmin2} , t_{pmax2}) da chapa ou disco de aço.

[039] Aços revestidos por imersão a quente são os aços preferidos aqui. Entretanto, independentemente do método de revestimento, a espessura do pré-revestimento em um lado ou em ambos os lados da chapa pode ser medida e monitorada continuamente em uma linha de revestimento diretamente após a operação de revestimento. Isto pode ser realizado por equipamentos conhecidos de per si, tais como bitolas de espessura na absorção de raios x. A todo momento, a medição da espessura em um dado local pode ser executada, por exemplo, em uma área de poucas centenas de mm², isto representando a dimensão da zona irradiada pelo raio-x.

[040] Em uma modalidade preferida, vários desses

equipamentos estão posicionados a diferentes distâncias na direção transversal da tira para se obter um perfil da espessura do pré-revestimento ao longo da largura da tira.

[041] Os inventores descobriram que a resistência à poluição ou à obstrução dos cilindros nos fornos é melhorada quando as espessuras mínima e máxima respectivamente de pelo menos um entre o primeiro lado (t_{pmin1} , t_{pmax1}) e o segundo lado (t_{pmin2} , t_{pmax2}) são respectivamente iguais a 20 e 33 micrômetros (um micrômetro é o mesmo que um micron e é uma unidade métrica de comprimento igual a um milionésimo de um metro). Em outras palavras, em uma modalidade preferida, em todos os locais em pelo menos uma face da chapa ou do disco, a espessura t_p do pré-revestimento é preferivelmente de 20 - 33 micrômetros, incluindo 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32 micrômetros e todas as faixas e subfaixas entre eles, e incluindo todos os números entre cada valor listado como se escrito em sua totalidade (por exemplo, 22,34 micrômetros). Para o revestimento por imersão a quente, o controle preciso dessa faixa de espessura do pré-revestimento pode ser realizado em uma linha de operação, por exemplo, que use um sistema de bocais soprando gás após o revestimento, por exemplo, após a saída da tira ou chapa de um banho, e pela planicidade da tira. O número, a geometria e a localização dos bocais, e as taxas de fluxo estão entre os principais parâmetros para um controle preciso da espessura t_p . Dada a presente descrição, uma pessoa com conhecimento dessa técnica pode controlar a espessura do pré-revestimento conforme descrito aqui sem trabalho indevido.

[042] A invenção refere-se a tiras produzidas em condições industriais, isto é, onde o controle da espessura do pré-revestimento é efetivo por toda uma superfície larga da tira, isto é, com um comprimento maior que 100 m, e com uma largura maior que 600 mm. Dessa forma, discos cortados ou

aparados dessas tiras apresentam uma homogeneidade muito alta da espessura do pré-revestimento, e os ajustes dos tratamentos térmicos no forno não têm que ser mudados para serem adaptados a eventuais variações dessa espessura.

[043] Embora não ligado a uma teoria particular de operação, os inventores acreditam que vários dos benefícios da invenção estão relacionados a essa faixa de espessura do pré-revestimento, tal como segue:

- para uma espessura de pré-revestimento menor que 20 micrômetros, a camada ligada que é formada durante o aquecimento do disco tem uma rugosidade insuficiente. Assim, a adesão da pintura subsequente é baixa nessa superfície, e a resistência à corrosão é diminuída;

- se a espessura do pré-revestimento for maior que 33 micrômetros a uma dada localização na chapa, o risco é que a diferença de espessura entre essa localização e algumas outras localizações onde o pré-revestimento é mais fino torne-se muito importante. Os ajustes do tratamento térmico no forno podem ser adaptados ao valor mais fino do pré-revestimento, mas não ao valor mais grosso. Assim, a reação de ligação que forma a liga intermetálica pode ocorrer a um grau insuficiente uma vez que a distância média de difusão dos elementos no pré-revestimento torna-se significativamente menor que o valor local da espessura do pré-revestimento. Como resultado, a ligação se tornará mais difícil na parte externa (ou superficial), particularmente no caso de alta taxa de aquecimento.

[044] Assim, em uma primeira modalidade, a presente invenção fornece certas tiras de aço revestidas, que compreendem uma tira de um aço base e um pré-revestimento de alumínio ou de uma liga de alumínio em pelo menos uma parte de um lado da tira do aço base. Para muitas aplicações, a tira do aço base pode compreender qualquer tipo de aço que possa ser revestido ou com alumínio ou com uma liga de alumínio. Entretanto, para

certas aplicações, tais como uma peça estrutural de um automóvel, é preferível que a tira de aço base compreenda um aço de resistência ultra-alta (UHSS). Em tais casos, é particularmente preferido que a tira de aço base compreenda um aço com boro.

[045] Os inventores também descobriram que bons resultados de soldagem são alcançados se o revestimento obtido nas peças feitas de discos submetidos à ligação intermetálica, austenização e estampagem a quente, apresentar características diferentes. Deve ser apontado que esse revestimento é diferente do pré-revestimento inicial, uma vez que o tratamento térmico provoca uma reação de ligação com o substrato de aço que modifica tanto a natureza físico-química quanto a geometria do pré-revestimento: a esse respeito, os inventores descobriram que uma capacidade de soldagem particularmente boa de peças aluminizadas e estampadas a quente é associada com a seguinte sucessão de camadas de revestimento nas peças, partindo do substrato de ali para fora:

- a) camada de interdifusão
- b) camada intermediária
- c) camada intermetálica
- d) camada superficial

[046] Veja, por exemplo, a Figura 1. Em uma modalidade preferida essas camadas são como segue:

a) camada de interdifusão, preferivelmente com dureza mediana (por exemplo, HV50g entre 290 e 410, HV50g designando a dureza medida sob uma carga de 50 gramas). Em uma modalidade preferida essa camada tem a seguinte composição, em % em peso: 86-95% de Fe, 4-10% de Al, 0-5% de Si;

b) camada intermetálica (HV50g em torno de 900-1000, por exemplo, $\pm 10\%$). Em uma modalidade preferida essa camada tem a seguinte

composição, em peso: 39-47% de Fe, 53-61% de Al, 0-2% de Si;

c) camada intermetálica, (com dureza HV50g em torno de 580-650, por exemplo, $\pm 10\%$). Em uma modalidade preferida essa camada tem a seguinte composição, em peso: 62-67% de Fe, 30-34% de Al, 2-6% de Si;

(d) camada superficial (HV50g em torno de 800-1000, por exemplo, $\pm 10\%$). Em uma modalidade preferida essa camada tem a seguinte composição, em peso: 39-47% de Fe, 53-61% de Al, 0-2% de Si.

[047] Em uma modalidade preferida, a espessura total das camadas (a) a (d) é maior que 30 micrômetros.

[048] Em outra modalidade preferida, a espessura da camada (a) é menor que 15 micrômetros, por exemplo, 14, 12, 10, 8, 6, 4, 2 ou 1 micrômetros, e todos os números inteiros, faixas e subfaixas entre eles, e incluindo todos os números entre cada valor listado como se escrito em sua totalidade (por exemplo, 13,84 micrômetros).

[049] Os inventores descobriram que uma alta capacidade de soldagem é especialmente obtida quando as camadas (c) e (d) são essencialmente contínuas (isto é, ocupando pelo menos 90% do nível correspondente à camada considerada) e quando menos de 10% da camada (c) está presente na superfície extrema da peça. Sem estar ligado a uma teoria, imagina-se que essa disposição particular de camadas, em particular a camada (a) e as camadas (c) e (d) influenciam a resistividade do revestimento tanto pelas suas características intrínsecas quanto pelo efeito da rugosidade. Assim, o fluxo de corrente, a geração de calor nas superfícies, e a formação de pepitas no estágio inicial da soldagem por pontos são afetados por esse arranjo particular. Essa disposição de camadas favorável é obtida, por exemplo, quando chapas de aço revestidas de alumínio ou de ligas de alumínio, cujas espessuras variam de, por exemplo, 0,7 a 3 mm, são aquecidas por 3 a 13

minutos (esse tempo de residência inclui a fase de aquecimento e o tempo de manutenção) em um forno aquecido até uma temperatura de 880 a 940°C. Outras condições para tais disposições favoráveis de camadas são mostradas na Figura 7.

[050] Para chapas com espessura total maior que 0,7 mm, e menor que ou igual a 1,5 mm, as condições de tratamento preferidas: (temperatura do forno, tempo total de residência no forno) estão ilustradas na Figura 7 pelas condições dentro dos limites do diagrama "ABCD".

[051] Para chapas com espessura total maior que 1,5 mm e menor que ou igual a 3 mm, as condições de tratamento preferidas: (temperatura do forno, tempo total de residência no forno) estão ilustradas na Figura 7 pelo diagrama "EFGH".

[052] A taxa de aquecimento V_c está compreendida entre 4 e 12°C/s para produção de uma disposição favorável de camada ligada. A esse respeito, essa "taxa de aquecimento" reflete o aumento de temperatura que é experimentado pelo aço pré-revestido ao ser localizado no forno preaquecido. V_c é definida como a taxa de aquecimento média entre 20 e 700°C. Os inventores descobriram que o controle da V_c nessa faixa precisa é um fator chave, porque ele controla diretamente a natureza e a morfologia das camadas ligadas que são formadas. É aqui sublinhado que a taxa de aquecimento V_c é diferente da taxa de aquecimento média, que é a taxa de aquecimento entre a temperatura ambiente e a temperatura do forno. As taxas de 6, 7, 8, 9, 10 e 11 °C/s estão incluídas e são todos números, faixas e subfaixas entre eles, e inclusive todos os números entre cada valor listado conforme escrito em sua totalidade (por exemplo, 7,7 °Cs). A esse respeito, todas as condições específicas dentro da Figura 7 estão aqui incorporadas como referência. As condições particularmente preferidas são:

- para espessuras de 0,7 - 1,5 mm:

- 930°C, de 3 minutos até 6 minutos
- 880°C, de 4 minutos e 30 segundos até 13 minutos
- para espessuras de 1,5 a 3,0 mm:
 - 940°C, de 4 minutos até 8 minutos
 - 900°C, de 6 minutos e 30 segundos até 13 minutos.

[053] Uma vantagem especial surge dos pré-revestimentos cuja espessura está compreendida entre 20 e 33 micrômetros, uma vez que essa faixa de espessura rende uma disposição de camadas favorável, e uma vez que a homogeneidade da espessura do pré-revestimento é associada a uma homogeneidade do revestimento formado após o tratamento de ligação.

[054] Discos aquecidos são portanto transferidos até um molde, estampados a quente até se obter uma peça ou produto, e resfriados a uma taxa de mais de 30°C/s. A taxa de resfriamento é definida aqui como taxa de resfriamento média entre a saída do disco aquecido do forno, até 400°C.

[055] A tira de aço base é revestida ou com alumínio ou com uma liga de alumínio. Alumínio comercialmente puro é conhecido na técnica como alumínio tipo 2, enquanto ligas de alumínio com 5 a 11 % em peso de silício são conhecidas na técnica como alumínio tipo 1. O silício está presente para evitar a formação de uma camada intermetálica espessa de ferro metálico que reduz a aderência e a capacidade de conformação. Outros elementos de ligação úteis com o alumínio incluem ferro, entre 2,5 e 3% em peso, e cálcio, entre 15 e 30 ppm em peso, inclusive a combinação de dois ou mais deles com alumínio.

[056] Um banho de metal típico para um revestimento Al-Si geralmente contém em sua composição básica em peso, de 8% a 11 % de silício, de 2% a 4% de ferro, o restante sendo alumínio ou liga de alumínio, e as impurezas inerentes no processamento. A composição típica do revestimento Al-Si é: Al - 9,3% de Si - 2,8% de Fe. Entretanto, os revestimentos da invenção

não são limitados a essas composições.

[057] A tira do aço base usada aqui pode ser qualquer uma que possa ser revestida por uma técnica de revestimento convencional. Por exemplo, a tira do aço base pode ser qualquer tira laminada a quente, tais como aquelas preparadas pela laminação a quente de uma placa de aço (com ou sem a subsequente laminação a frio). Tipicamente, a tira de aço base será armazenada e transportada na forma de uma bobina tanto antes quanto após a formação do revestimento.

[058] Um exemplo de um aço preferido para a tira de aço base é aquele tendo a seguinte composição em peso:

0,10% < carbono < 0,5%

0,5% < manganês < 3%

0,1% < silício < 1 %

0,01% < cromo < 1%

titânio < 0,2%

alumínio < 0,1%

fósforo < 0,1%

enxofre < 0,05%

0,0005% < boro < 0,010%

[059] O restante compreendendo, consistindo essencialmente em, ou consistindo em ferro e as impurezas inerentes ao processamento. O uso de tal aço fornece uma resistência mecânica muito alta após o tratamento térmico e o revestimento à base de alumínio fornece uma alta resistência à corrosão.

[060] Particularmente e preferivelmente, a composição em peso do aço na tira de aço base é a seguinte:

0,15% <carbono< 0,25%

0,6% <manganês< 1,8%

0,1 % < silício < 0,35%

0,01 % < cromo < 0,5%

titânio < 0,1 %

alumínio < 0,1 %

fósforo < 0,1 %

enxofre < 0,05%

0,002% < boro < 0,005%

[061] O restante compreendendo, consistindo essencialmente em, ou consistindo em ferro e as impurezas inerentes ao processamento.

[062] Uma tira preferida aqui tem 100 m de comprimento e 600 mm de 20 largura. As espessuras preferidas são 0,7 a 3 mm.

[063] Ainda mais preferivelmente, na composição em peso da chapa, a razão de peso do teor de titânio em relação ao teor de nitrogênio está acima de 3,42 que se acredita ser um nível no qual o boro não é mais capaz de se combinar com o nitrogênio.

[064] Um exemplo de aço comercialmente disponível preferido para uso na tira de aço base é 22MnB5.

[065] Cromo, manganês, boro e carbono podem ser adicionados, na composição do aço conforme a invenção, para seu efeito no endurecimento. Em adição, o carbono torna possível alcançar-se altas características mecânicas graças a seu efeito na dureza da martensita.

[066] O alumínio é introduzido na composição para executar a desoxidação no estado líquido e para proteger a eficácia do boro.

[067] O titânio, cuja razão de teor em relação ao teor de nitrogênio deve estar acima de 3,42, é introduzido por exemplo, para evitar a combinação do boro com o nitrogênio, o nitrogênio sendo combinado com o titânio.

[068] Os elementos de ligação, Mn, Cr, B, tornam possível uma

capacidade de endurecimento que permite o endurecimento nas ferramentas de estampagem ou o uso de fluidos de endurecimento suaves limitando a deformação das peças no momento do tratamento térmico. Em adição, a composição conforme a invenção é otimizada a partir do ponto de vista da capacidade de soldagem.

[069] O aço da chapa pode sofrer um tratamento para globularização dos sulfetos executada com cálcio, que tem o efeito de melhorar a resistência à fadiga da chapa.

[070] Conforme mencionado acima, uma resistência ultra-alta pode ser fornecida com a chapa de aço revestida e estampada a quente conforme a invenção. Esse alto nível de resistência é algumas vezes associado com uma ductilidade limitada. Em aplicações que requeiram uma maior ductilidade, em particular quando uma capacidade de dobramento é necessária a partir de uma peça ou produto, os inventores descobriram que a ductilidade aumentada pode ser obtida se o enxofre for particularmente controlado: quando o nível de enxofre do aço base for menor que ou igual a 0,002% (20 ppm), o ângulo de dobramento pode ser maior que 60° e a ductilidade aumentada e a resistência ao dilaceramento são obtidas nas peças que experimentaram tratamento térmico e estampagem. Níveis preferidos incluem 20, 18, 15, 13, 10, 8, 5, 2, etc. ppm de enxofre. De fato, esse benefício se aplica a aços em geral, e não é imitado a aços revestidos ou a aços revestidos com revestimentos de Al ou de ligas de Al. Embora não ligado a uma teoria particular, os inventores observaram que as falhas se iniciaram nas inclusões de sulfeto. Acredita-se, assim, que a falta de aderência entre as inclusões e a matriz martensítica ou bainito-martensítica age como fator de concentração de estresse e dispara a propagação de fraturas no modo dúctil.

[071] A invenção também se refere a um processo para produção de uma peça a partir de uma chapa revestida da invenção, e então

cortada em um disco o qual, após a conformação, o revestimento do disco é submetido a um aumento na temperatura a uma velocidade acima de 4°C/segundo, mas menor que 12°C/segundo. A taxa de aquecimento V_c é definida como a taxa média entre 20 e 700°C.

[072] A invenção também se refere ao uso de uma chapa de aço laminada a quente que pode então ser laminada a frio e revestida, para partes estruturais e/ou anti-intrusão ou de subestrutura para um veículo motor terrestre, tal como, por exemplo, uma barra de parachoques, um reforço de porta, uma trava de volante, etc.

[073] A chapa conforme a invenção descrita acima pode derivar, em razão de seu processamento, a partir de um laminador a quente, e pode possivelmente ser relaminada a frio novamente dependendo da espessura final desejada. Ela é então revestida com um revestimento à base de alumínio, por exemplo, por imersão em um banho contendo, em adição a fonelliga de alumínio, por exemplo, de 8% a 11 % de silício e de 2% a 4% de ferro, as chapas tendo uma alta resistência mecânica após o tratamento térmico e uma alta resistência à corrosão, bem como uma boa capacidade de pintura e colagem.

[074] O revestimento é preferivelmente controlado conforme acima, e tem em particular a função de proteger a chapa básica contra corrosão em várias condições. O tratamento térmico aplicado no momento do processo de conformação a quente ou após a conformação torna possível a obtenção de altas características mecânicas que podem exceder 1.500 MPa para resistência mecânica e 1200 MPa para limite de escoamento. As características mecânicas finais são ajustáveis e dependem em particular da fração de martensita da estrutura, do teor de carbono do aço e do tratamento térmico. No momento do tratamento térmico executado em uma peça acabada ou no momento de um processo de conformação a quente, o revestimento

forma uma camada tendo uma resistência substancial à abrasão, ao desgaste, à fadiga, ao choque, bem como uma boa resistência à corrosão e uma boa capacidade para pintura e colagem. O revestimento torna possível evitar diferentes operações de preparação da superfície tais como para chapas de aço para tratamento térmico não tendo qualquer revestimento.

[075] A chapa de aço pode ser pré-revestida por imersão, após a decapagem, em um banho de alumínio contendo, por exemplo, apenas alumínio ou alumínio e de 8% a 11 % de silício e 2% a 4% de ferro, ou apenas de 2% a 4% de ferro, ou mesmo em um banho de alumínio contendo preferivelmente de 9% a 10% de silício e 2% a 3,5% de ferro. O alumínio pode ser alumínio em si ou uma liga de alumínio.

[076] Em um exemplo de implementação de um revestimento da chapa por imersão em um banho metálico contendo uma liga de alumínio compreendendo uma proporção de aproximadamente 90% de alumínio, a camada de revestimento compreende uma primeira camada de liga em contato com a superfície do aço. Essa camada, diretamente em contato com a superfície da chapa, é altamente ligada com ferro.

[077] Uma segunda camada de revestimento, no topo da primeira, contém aproximadamente 90% de alumínio e pode conter silício e uma pequena quantidade de ferro, dependendo da composição do banho.

[078] A primeira liga pode fraturar quando a chapa é submetida a altas tensões durante as operações de conformação a frio da produção das peças.

[079] De acordo com a invenção, após a conformação da peça, o revestimento é submetido a um aumento de temperatura a uma velocidade acima de 4°C/segundo. Esse aumento da temperatura torna possível uma rápida refusão do alumínio que preenche as fraturas geradas pela operação de conformação da peça.

[080] No momento do tratamento térmico, o revestimento base, por exemplo, de alumínio, é transformado em uma camada ligada com ferro e compreendendo diferentes fases dependendo do tratamento térmico e tendo uma dureza considerável que pode exceder 600 HV50 g.

[081] Uma outra vantagem da invenção reside no fato de que a difusão do ferro no revestimento é iniciada a uma alta temperatura. Tem-se assim uma melhor coesão entre o revestimento e o aço na chapa. Em outra forma da invenção, o tratamento térmico pode ser executado localmente, em zonas pesadamente deformadas.

[082] De acordo com a invenção, a chapa, no estado de entrega em bobina ou em chapa, cuja espessura pode variar entre 0,25 mm a 15 mm, tem boas propriedades de conformação e uma boa resistência à corrosão bem como uma boa capacidade para pintura e colagem. Preferivelmente, a chapa ou disco de aço tem uma espessura de menos de 3 mm, uma vez que as taxas de resfriamento que podem ser alcançadas após o resfriamento são altas e ajudam a obter estruturas martensíticas.

[083] A chapa de aço, um produto revestido, tem uma resistência substancial à corrosão no estado de entrega, durante a conformação e os tratamentos térmicos bem como durante o uso da peça acabada.

[084] A presença do revestimento no momento do tratamento térmico das peças torna possível evitar qualquer descarburização do metal base bem como qualquer oxidação. Essa é uma vantagem inegável, em particular no caso da conformação a quente. Além disso, o aquecimento da peça tratada não requer um forno tendo uma atmosfera controlada para evitar a descarburização.

[085] O tratamento térmico do metal na chapa compreendendo o aquecimento a uma temperatura variando entre A_{c1} , a temperatura de partida da transformação austenítica quando do aquecimento, por exemplo, 750°C e

1200°C, em um forno, por um período que depende da temperatura a ser alcançada e a espessura do disco. A composição é otimizada de modo a limitar o crescimento do grão no momento do reatamento térmico. Se a estrutura buscada for completamente martensítica, a temperatura de manutenção deve ser acima de A_{c3} , por exemplo, 840°C, temperatura da transformação austenítica completa. A manutenção da temperatura deve ser seguida por um resfriamento ajustado para a estrutura final procurada.

[086] Os discos são, portanto, transferidos do forno até uma prensa de estampagem. Quando o tempo passado entre a saída dos discos do forno e a introdução na prensa de estampagem for de mais de 10 segundos, uma transformação parcial da austenita é suscetível de aparecer: se a obtenção de uma estrutura martensítica completa for desejada, o tempo de transferência entre a saída do forno e a estampagem deve ser de menos de 10 segundos.

[087] Os inventores também descobriram que a obtenção de uma estrutura completamente martensítica está ligada à quantidade de deformação na operação de conformação a quente: a quantidade de deformação local provocada pela conformação a quente está ligada intimamente à forma da peça ou produto e pode exceder localmente 40 ou 50% em algumas regiões particulares. Os inventores descobriram que, quando a tensão local excede um valor crítico de 10%, a taxa de resfriamento deve ser suficientemente alta para atingir uma transformação martensítica total. Caso contrário, a transformação bainítica pode ocorrer em uma quantidade significativa ao invés da transformação martensítica. Assim, o risco é de que a estrutura heterogênea nas peças com formas complexas onde alguns locais são muito mais deformados que outros. A esse respeito, os inventores puseram em evidência que, nos locais das peças onde a tensão de conformação é maior que 10%, a taxa de resfriamento deve ser aumentada além de 50°C/s para garantir uma transformação martensítica total. A taxa de resfriamento é definida

como a taxa média entre a saída do disco aquecido do forno, decrescente até 400°C.

[088] Mas pode-se também procurar obter estruturas ferrito-bainítica ou ferrito-martensítica, por um aquecimento a uma temperatura variando entre Ac1, por exemplo, 750°C e Ac3, por exemplo, 840°C, seguido de um resfriamento adequado. De acordo com o nível de resistência a ser alcançado e o tratamento térmico aplicado, um ou vários desses constituintes está/estão presente(s) em proporções variáveis.

[089] A modulação dos parâmetros de tratamento térmico torna possível alcançar, com uma composição dada, diferentes níveis de resistências de chapas laminadas a quente e a frio de acordo com a espessura procurada. Para níveis de resistência mais altos, a estrutura é composta predominantemente de martensita.

[090] O aço é particularmente adequado para a produção de peças estruturais e anti-intrusão.

[091] A invenção permite, assim, produzir-se uma chapa de aço laminada a quente ou a frio de uma espessura desejada, revestida, e permitindo-se extensivas possibilidades de conformação e que, após o tratamento térmico executado na peça acabada, torna possível obter uma resistência mecânica acima de 1.000 MPa, uma resistência substancial a choques, fadiga, abrasão e desgaste, enquanto retém uma boa resistência à corrosão bem como uma boa capacidade de soldagem, pintura e colagem.

[092] A presente invenção será agora também descrita por meio de certas modalidades de exemplos que não pretendem ser limitadores da invenção.

EXEMPLOS

EXEMPLO 1:

[093] Em um primeiro exemplo de implementação, uma chapa de

aço laminada a frio, com 1,9 mm de espessura, contendo em % em peso: 0,23% de carbono, 1,25% em peso de manganês, 0,017% de fósforo, 0,002% de enxofre, 0,27% de silício, 0,062% de alumínio, 0,021 % de cobre, 0,019% de níquel, 0,208% de cromo, 0,005% de nitrogênio, 0,038% de titânio, 0,004% de boro, 0,003% de cálcio - foi pré-revestido com uma liga à base de alumínio com composição de 9,3% de silício, 2,8% de ferro, o restante sendo alumínio e as inevitáveis impurezas. De acordo com as condições de fabricação, quer dizer, os ajustes dos equipamentos de sopro na linha de operação, foram produzidas chapas de 120 m de comprimento e 650 mm de largura com várias faixas de espessuras.

- Chapa A (de acordo com a invenção): as espessuras t_{p1} e t_{p2} em cada lado da chapa foram controladas para estarem dentro da faixa (20-33) micrômetros, em cada local das duas faces da chapa, tanto na direção longitudinal (ou de laminação) e na direção transversal. Foi executada continuamente a medição com bitolas de espessuras dependendo da emissão de raios x. Em todos os momentos, o ponto de medição de uma de cada bitola foi uma zona circular de cerca de 20 mm de raio. As chapas foram posteriormente cortadas em discos de 1,2 x 0,5 m² de dimensões totais.

- Chapa B (referência): nessas chapas, a espessura do pré-revestimento teve uma variabilidade mais ampla uma vez que as espessuras t_{p1} e t_{p2} nos dois lados da chapa foram compreendidas na faixa (30-45) micrômetros. Discos cortados dessas chapas apresentam as mesmas espessuras de pré-revestimento.

[094] Os discos foram então submetidos a aquecimento em um forno a $T = 920^{\circ}\text{C}$. O tempo de aquecimento foi de 3 minutos, com 4 minutos de tempo de manutenção. A microestrutura é então totalmente austenítica. Os discos foram posteriormente transferidos do forno para uma prensa de estampagem. Quando o tempo passado entre a saída dos discos do forno e a

transferência para a prensa de estampagem for de mais de 10 segundos, uma transformação parcial a partir da austenita foi susceptível de aparecer, reduzindo assim a resistência mecânica da peça estampada.

[095] Os discos foram diretamente resfriados posteriormente sem estampagem a quente para apreciar a eventual refusão do revestimento.

[096] Nas séries A, nenhuma fusão do pré-revestimento foi descoberta. A ligação intermetálica entre o pré-revestimento e o substrato de aço ocorreu completamente.

[097] Nas séries 8, a pré-revestimento sofreu principalmente ligação, mas alguns traços de refusão foram descobertos, particularmente nos locais mais espessos anteriores do pré-revestimento. Essa refusão parcial do pré-revestimento de alumínio contribui para a obstrução progressiva dos cilindros no forno. As chapas conforme a invenção não contribuem para essa acumulação progressiva nos cilindros.

EXEMPLO 2:

i) condições conforme a invenção: em um segundo exemplo da implementação, uma chapa de aço laminada a frio, com 1,2 mm de espessura, 120 m de comprimento e 650 mm de largura, com a mesma composição e o mesmo pré-revestimento do exemplo 1, foi fabricada. As chapas foram posteriormente cortadas em discos que foram aquecidos a 920°C por 6 minutos, esse tempo incluindo a fase de aquecimento e o tempo de manutenção. A taxa de aquecimento V_c entre 20 e 700°C foi de 10°C/s. Os discos foram finalmente estampados a quente e resfriados para se obter estruturas totalmente martensíticas.

[098] As peças obtidas após a estampagem a quente são cobertas por um revestimento, com 40 micrômetros de espessura, ilustrado na Figura 1, que tem uma estrutura de quatro camadas. Iniciando-se a partir do substrato de aço, as camadas são as seguintes:

a) Camada de interdifusão ou camada intermetálica, com 17 micrômetros de espessura. Essa camada é ela própria composta de duas subcamadas. A dureza HV50g varia de 295 a 407, e a composição média é: 90% de Fe, 7% de Al, 3% de Si.

b) Camada intermediária, aparência mais escura, com 8 micrômetros de espessura. Essa camada tem uma dureza de 940HV50g e uma composição média, em % em peso, de 43% de Fe, 57% de Al, 1 % de Si.

c) camada intermetálica aparecendo como uma fase pálida, com 8 micrômetros de espessura, apresentando uma dureza de 610HV50g, uma composição média de 65% de Fe, 31 % de Al, 4% de Si.

d) camada superficial mais escura, com 7 micrômetros de espessura, 950 Hv50g, com uma composição média de 45% de Fe, 54% de Al e 1% de Si.

[099] As camadas (c) e (d) são quase-contínuas, isto é, ocupando pelo menos 90% do nível correspondente à camada considerada. Em particular, a camada (c) não alcança a superfície extrema exceto muito excepcionalmente. De qualquer forma, essa camada (c) ocupa menos que 10% da superfície extrema.

ii) condições de referência: por outro lado, discos com o mesmo material base e pelas pré-revestidas foram aquecidas num forno em diferentes condições: os discos foram aquecidos até 950°C por 7 minutos, esse tempo incluindo a fase de aquecimento. A taxa de aquecimento V_c foi 11 °C/s. Essas condições correspondem a um grau de ligação que é mais importante que nas condições (i).

[0100] Nesse revestimento, a camada intermetálica pálida (c), não é contínua e aparece como sendo disperso dentro do revestimento. Cerca de 50% dessa camada estão presentes na superfície extrema da peça. Além disso, a camada de interdifusão, com 10 micrômetros de espessura em contato

como substrato de aço é mais fina que no caso anterior da figura 1.

[0101] A soldagem por pontos por resistência foi executada nas duas situações i) e ii):

i) revestimento com camadas quase contínuas (c) e (d), a camada (c) ocupando menos de 10% da superfície extrema.

ii) revestimento com camadas mistas e descontínuas, a camada (c) ocupando mais de 10% da superfície extrema.

[0102] A soldagem por pontos por resistência foi executada pela superposição de duas peças e unindo-se as mesmas nas seguintes condições:

- força compressora e força de soldagem: 4.000 N
- tempo de compressão: 50 períodos
- tempo de soldagem e de manutenção: 18 períodos

respectivamente

[0103] Em cada condição, a faixa de intensidade adequada foi determinada para obtenção de:

- nenhuma pulverização durante a soldagem
- tamanho de pepita aceitável

[0104] Para a condição i), a faixa de capacidade de soldagem, expressa em termos de intensidade de corrente, é 1,4 kA. Para a condição ii), a faixa de capacidade de soldagem é extremamente pequena.

[0105] Assim, pode ser visto que o revestimento conforme a invenção rende resultados muito mais satisfatórios.

EXEMPLO 3:

[0106] Em um terceiro exemplo de implementação, uma chapa de aço laminada a frio do exemplo 1 foi cortada em discos de 500x500 mm² que foram aquecidos a 920°C, durante 6 minutos, e então estampados a quente e resfriados em ferramentas, em condições tais que duas diferentes taxas de resfriamento foram obtidas:

A) Taxa de resfriamento: $VA = 30^{\circ}\text{C/s}$

B) Taxa de resfriamento: $VB = 60^{\circ}\text{C/s}$

[0107] Devido à forma das peças, níveis de deformação E diferentes foram criados durante a estampagem a quente. Em particular, algumas zonas grandemente tensionadas apresentam níveis de deformação maiores que 30%.

[0108] Conforme ilustrado na figura 3, observações metalográficas revelam que, quando $8 > 10\%$, ocorre uma transformação parcial bainítica ou ferrítica em peças resfriadas com $V A = 30^{\circ}\text{C/s}$, principalmente nos limites dos grãos austeníticos anteriores. Por outro lado, as peças resfriadas com $Vs = 60^{\circ}\text{C/s}$ apresentam microestrutura totalmente martensítica conforme ilustrado na figura 4. Essas últimas estruturas apresentam resistência mecânica superior e uma grande homogeneidade no caso de solicitação mecânica.

[0109] Assim, mesmo em produtos ou peças onde a deformação é maior que 10%, a aplicação do resfriamento conforme a invenção garante uma homogeneidade mecânica e da microestrutura.

EXEMPLO 4

[0110] Em um quarto exemplo de implementação, foram elaborados fundidos de aço contendo diferentes valores de enxofre. Esses aços foram também laminados a quente, e então laminados a frio em chapas de aço, com 2,2 mm de espessura. O teor de enxofre varia de 11 ppm (0,0011 %) a 59 ppm (0,006%) em peso. Fora o enxofre, a composição desses diferentes fundidos de aço compreende, em peso: 0,24% de carbono, 1,17% de manganês, 0,01 % de fósforo, 0,25% de silício, 0,045% de alumínio, 0,01 % de cobre, 0,02% de níquel, 0,2% de cromo, 0,04% de titânio, 0,003% e boro, 0,002% de cálcio, o restante sendo ferro e as inevitáveis impurezas.

[0111] Essas chapas foram pré-revestidas com uma liga à base de alumínio de composição compreendendo 9,3% de silício, 2,8% de ferro, o

restante sendo alumínio e as inevitáveis impurezas.

[0112] As chapas foram posteriormente cortadas em discos que foram aquecidos a 950°C por 5 minutos, e então estampados a quente e resfriados em ferramentas para se obter uma estrutura totalmente martensítica. A resistência mecânica excedeu 1.450 MPa.

[0113] Foram extraídos espécimes conforme o sentido transversal à direção de laminação e submetidos a um teste de dobramento com modos de dobramento alternados. Os inventores puseram em evidência que o ângulo crítico de dobramento (ângulo na fratura) está intimamente relacionado ao teor de enxofre do aço: quando o teor de enxofre é menor que 0,002%, o ângulo de dobramento excede 600, o que indica uma maior ductilidade e absorção de energia.

[0114] Espécimes do tipo de teste de resistência à tração compactos foram também extraídos conforme a direção transversal à direção de laminação para medir a resistência à laceração, isto é, a energia que é necessária para a iniciação ou a propagação de uma fratura existente. Os resultados, ilustrados na Figura 6, indicam que uma energia de iniciação maior que 18 Joules é alcançada quando o teor de enxofre é menor que 0,002% em peso.

[0115] Como essas qualidades de alta resistência, alta absorção de energia, e capacidade de soldagem são necessárias na indústria automobilística, as peças ou produtos fabricados conforme a invenção serão usadas com benefícios para tais aplicações.

[0116] Embora a descrição acima seja clara em relação ao entendimento da invenção, os seguintes termos conforme usados na lista a seguir de modalidades preferidas têm o seguinte significado anotado para evitar qualquer confusão:

Pré-revestimento - o material (Al ou liga de Al) revestido sobre ou

localizado em pelo menos uma parte da tira ou chapa, etc. do aço base para formar um composto pré-revestimento/base, a composição não tendo sido submetida a uma reação de ligação entre o material revestido de Al ou de liga de Al e o aço base;

Ligação - uma reação entre o pré-revestimento e o aço base, para produzir pelo menos uma camada intermediária diferente em composição entre o aço base e o pré-revestimento. A reação de ligação acontece durante o tratamento térmico imediatamente anterior à estampagem a quente. A reação de ligação afeta a espessura total do pré-revestimento. Em uma modalidade altamente preferida a reação de ligação forma as seguintes camadas: (a) interdifusão, (b) intermediária, (c) intermetálica, e (d) superficial conforme descrito acima;

Aço pré-revestido - o composto pré-revestimento/base, não tendo sido submetido a uma reação de ligação entre o material revestido e o aço base;

Revestimento - o pré-revestimento após ter sido submetido a uma reação de ligação entre o pré-revestimento e o aço base. Em uma modalidade altamente preferida o revestimento compreende camadas (a) interdifusão, (b) intermediária, (c) intermetálica e (d) superficial, descritas acima;

Aço ou produto revestido - o aço ou produto pré-revestido que foi submetido a uma reação de ligação entre o pré-revestimento e o aço base. Em uma modalidade altamente preferida o aço revestido é uma tira ou uma chapa, etc., de aço base tendo um revestimento da invenção compreendendo camadas (a) interdifusão, (b) intermediária, (c) intermetálica, e (d) superficial descritas acima;

Disco - uma forma cortada de uma tira;

Produto - um disco estampado;

[0117] Assim, a presente invenção fornece, entre outras coisas, as

seguintes modalidades preferidas:

1. uma tira de aço pré-revestida, compreendendo:

a) uma tira de aço base tendo um comprimento, uma largura, um primeiro lado, e um segundo lado;

b) o mencionado comprimento da mencionada tira de aço base sendo pelo menos de 100 m e a mencionada largura sendo de pelo menos 600 mm, e

c) um pré-revestimento de alumínio ou de liga de alumínio em pelo menos parte de um dos mencionados primeiro e segundo lados da mencionada tira de aço base, onde (i) a espessura t_p do mencionado pré-revestimento é de 20-33 micrômetros em todos os locais em pelo menos um dos mencionados primeiro e segundo lados.

2. um método para produção de uma tira de aço pré-revestida conforme a modalidade 1 onde a tira de aço pré-revestida tem uma espessura de não mais que 3 mm.

3. um processo para produção de um produto de chapa de aço revestida e estampada a quente, compreendendo:

a) aquecimento de uma chapa de aço pré-revestida de alumínio ou de liga de alumínio em um forno preaquecido até uma temperatura e durante um tempo definidos pelo diagrama ABCD da figura 7 se a espessura da mencionada chapa for maior que ou igual a 0,7 mm e menor que ou igual a 1,5 mm, e pelo diagrama EFGH da figura 7 se a espessura da mencionada chapa for maior que 1,5 mm e menor que ou igual a 3 mm, a uma taxa de aquecimento V_c entre 20 e 700°C compreendido entre 4 e 12°C/s, para obter um disco aquecido;

b) transferência do mencionado disco aquecido para um molde; e

c) estampagem do mencionado disco aquecido no mencionado molde, para assim se obter um produto de chapa de aço estampada a

quente, e onde o mencionado produto aquecido é resfriado a uma taxa de pelo menos 30°C/s.

4. um processo para produção de um produto de chapa de aço revestida estampada a quente compreendendo:

a) fornecimento de um disco aquecido conforme a reivindicação 3;
e

b) transferência do mencionado disco aquecido para um molde; e

c) estampagem do mencionado disco aquecido no mencionado molde, para assim obter um produto de chapa de aço estampada a quente, onde o tempo passado entre o mencionado disco aquecido sair do forno e o início da mencionada estampagem é de não mais que 10 segundos, e onde o mencionado disco aquecido é deformado num valor maior que 10% durante a mencionada estampagem e o mencionado produto aquecido é resfriado a uma taxa de pelo menos 50°C/s.

5. Um processo para produção de um produto de chapa de aço revestida e estampada a quente, compreendendo:

- pré-revestimento por imersão a quente de uma tira de aço tendo um primeiro lado e um segundo lado com alumínio ou liga de alumínio para obter uma tira de aço pré-revestida, a espessura do pré-revestimento em pelo menos um dos mencionados primeiro lado e segundo lado da mencionada tira tendo uma espessura de 20 a 33 micrômetros em todos os locais em pelo menos um dos mencionados primeiro e segundo lados da mencionada tira;

- corte da mencionada tira de aço pré-revestida para se obter uma chapa;

- aquecimento da chapa em um forno preaquecido para se obter um disco aquecido no qual o aço é austenítico;

- transferência do mencionado disco aquecido para um molde

enquanto mantém o mencionado aço na fase austenítica; e

- estampagem do mencionado disco aquecido em um molde para obter um produto de chapa de aço estampada a quente no qual a microestrutura do aço é martensítica.

6. Um produto de chapa de aço revestida e estampada a quente, que é preparado por um processo compreendendo:

a) fornecimento de uma tira pré-revestida conforme a modalidade 1, a mencionada tira sendo pré-revestida com alumínio ou liga de alumínio;

b) corte da mencionada tira de aço pré-revestida até um tamanho e forma predeterminados para obter uma chapa

c) aquecimento da mencionada chapa de aço em um forno preaquecido até uma temperatura e durante um tempo definidos pelo diagrama ABCD da figura 7 se a espessura do mencionado produto for maior que ou igual a 0,7 mm e menor que ou igual a 1,5 mm, e pelo diagrama EFGH da figura 7 se a espessura do mencionado produto for maior que 1,5 mm e menor que ou igual a 3 mm, para obter um disco aquecido;

d) transferência do mencionado disco aquecido para um molde; e

e) estampagem do mencionado disco aquecido no mencionado molde, para assim obter um produto de chapa de aço estampada a quente, onde o tempo passado entre a saída do mencionado disco aquecido do mencionado forno e o começo da mencionada estampagem é de não mais de 10 segundos, e onde o mencionado produto aquecido resfria a uma taxa maior que 30°C/s durante a mencionada estampagem.

7. Um processo para produção de um produto de chapa de aço revestida e estampada a quente, compreendendo:

a) fornecimento de um disco aquecido conforme a modalidade 6
b) transferência do mencionado disco aquecido para um molde; e
c) estampagem do mencionado disco aquecido no mencionado molde, para assim obter um produto de chapa de aço estampada a quente, onde o tempo passado entre a saída do mencionado disco aquecido do mencionado forno e o início da estampagem é de não mais de 10 segundos, e onde o mencionado produto aquecido resfria a uma taxa tal durante a mencionada estampagem que a microestrutura seja martensítica.

8. A tira de aço pré-revestida conforme a modalidade 1, onde o aço base compreende os seguintes componentes em peso com base no peso total:

0,15% < carbono < 0,5%

0,5% < manganês < 3%

0,1% < silício < 0,5%

0,01% < cromo < 1%

titânio < 0,2%

alumínio < 0,1%

fósforo < 0,1%

enxofre < 0,05%

0,0005% < boro < 0,08%,

e também compreende ferro e impurezas inerentes ao processamento.

9. A tira de aço pré-revestida conforme a modalidade 8, onde o aço base compreende os seguintes componentes em peso com base no peso total:

0,20% < carbono < 0,5%

0,8% < manganês < 1,5%

0,1% < silício < 0,35%

0,01% < cromo < 1%

titânio < 0,1%

alumínio < 0,1%

fósforo < 0,05%

enxofre < 0,03%

0,0005% < boro < 0,01%

e também compreende ferro e as impurezas inerentes ao processamento.

10. A tira de aço pré-revestida conforme a modalidade 8 ou 9, onde o aço base compreende 20ppm ou menos de enxofre.

11. A tira de aço pré-revestida conforme qualquer uma das modalidades 8 a 10, onde a razão de titânio para nitrogênio na chapa de aço em % em peso está acima de 3,42.

12. A tira de aço pré-revestida conforme qualquer uma das modalidades 1 ou 8 a 11, onde o pré-revestimento de alumínio ou de liga de alumínio compreende de 8% a 11 % em peso de silício, de 2% a 4% em peso de ferro, o restante sendo alumínio e as impurezas inerentes ao processamento.

13. Um produto estampado de aço revestido que compreende:

a) uma tira de aço base tendo um primeiro lado e um segundo lado; e

b) um revestimento em pelo menos um dos mencionados primeiro lado da mencionada tira de aço base e segundo lado da mencionada tira de aço base, onde:

i) o mencionado revestimento resulta da interdifusão entre o mencionado aço base, e o pré-revestimento de alumínio ou de liga de alumínio,

ii) o mencionado revestimento compreende, prosseguindo do aço base para fora,

- a) camada de interdifusão
- b) camada intermediária
- c) camada intermetálica
- d) camada superficial

14. Um produto estampado de aço revestido conforme a modalidade 13, onde o mencionado revestimento tem uma espessura maior que 30 micrômetros.

15. Um produto estampado de aço revestido conforme as modalidades 13 ou 14, onde a mencionada camada (a) tem uma espessura de menos de 15 micrômetros.

16. Um produto estampado de aço revestido conforme qualquer uma das modalidades 13 a 15, onde as mencionadas camadas (c) e (d) estão ocupando pelo menos 90% do nível correspondente às mencionadas camadas consideradas e onde menos de 10% da camada (c) está presente na superfície extrema do produto.

17. Um produto estampado de aço revestido conforme qualquer uma das modalidades 13 a 16, onde o aço a tira tem uma composição conforme a modalidade 8.

18. Um produto estampado de aço revestido conforme qualquer uma das modalidades 13 a 16, onde o aço na tira tem uma composição conforme a modalidade 9.

19. Um produto estampado de aço revestido conforme qualquer uma das modalidades 13 a 18, onde o aço tem uma composição conforme a modalidade 10.

20. Um produto estampado de aço revestido conforme qualquer uma das modalidades 13 a 19, onde o aço tem uma composição conforme a modalidade 11.

21. Um produto estampado de aço revestido conforme qualquer uma das

modalidades 13 a 20, o pré-revestimento de alumínio ou de liga de alumínio compreende de 8% a 11 % em peso de silício, de 2% a 4% em peso de ferro, o restante sendo alumínio e as impurezas inerentes ao processamento.

22. Um veículo motor terrestre compreendendo o produto de aço revestido tratado termicamente conforme qualquer uma das modalidades 6, 13 a 21.

23. Um veículo motor terrestre compreendendo o produto de aço revestido tratado termicamente conforme qualquer uma das modalidades 3, 5 4,5,7.

[0118] A descrição da invenção escrita acima fornece uma maneira e um processo de produção e de uso do mesmo de modo que qualquer versado nessa técnica é capaz de fazer uso da mesma, essa capacitação sendo fornecida, em particular, para o assunto objeto das reivindicações anexas, que fazem parte da descrição original. Conforme usado acima, as frases "selecionado do grupo consistindo em", "escolhido entre", e similares incluem misturas dos materiais especificados. Termos tais como "contém" e similares conforme usados aqui são termos abertos significando "incluindo pelo menos" a menos que anotado especificamente de forma diferente. Todas as referências, patentes, aplicações, testes, padrões, documentos, publicações, brochuras, textos, artigos, etc. aqui mencionados estão aqui incorporados como referência. Onde um limite numérico ou faixa é estabelecido, as extremidades estão incluídas. Também todos os valores e subfaixas dentro de um limite ou faixa numérica estão especificamente incluídos como se escrito explicitamente. A descrição acima é apresentada para permitir a um técnico no assunto fazer e usar a invenção, e é fornecida no contexto de uma aplicação particular e seus requerimentos. Várias modificações às modalidades preferidas serão prontamente aparentes aos

técnicos no assunto, e os princípios genéricos definidos aqui podem ser aplicados a outras modalidades e aplicações sem sair do espírito e do escopo da invenção. Assim, a invenção não pretende ser limitada às modalidades mostradas, mas deve ser concedido o mais amplo escopo consistente com os princípios e características aqui descritos.

[0119] A presente invenção descrita no presente documento, portanto, é bem adaptada para executar os objetivos e alcançar os fins e vantagens mencionados, assim como outros inerentes a ele. Embora uma realização preferencial atual da invenção tenha sido dada com o propósito de descrição, numerosas mudanças existem nos detalhes dos procedimentos para alcançar os resultados desejados. Essas e outras modificações semelhantes se apresentarão prontamente para os técnicos no assunto, e pretendem ser incluídas no espírito da presente invenção descrita no presente documento e no escopo das reivindicações anexadas.

REIVINDICAÇÕES

1. TIRA ESTAMPADA DE AÇO REVESTIDO, que compreende:

a) uma tira de aço base tendo um primeiro lado e um segundo lado; e

b) um revestimento em pelo menos um dos mencionados primeiro lado da mencionada tira de aço base e segundo lado da mencionada tira de aço base, caracterizado pelo fato de que:

i) o revestimento resulta da interdifusão entre o mencionado aço base, e o pré-revestimento de alumínio ou de liga de alumínio,

ii) o revestimento compreende, partindo do aço base para fora:

(a) camada de interdifusão

(b) camada intermediária

(c) camada intermetálica

(d) camada superficial

em que o mencionado revestimento tem uma espessura maior que 30 micrômetros e onde a mencionada camada (a) tem uma espessura de menos de 15 micrômetros; e

em que pelo menos 10% da camada (c) é disposta na superfície extrema da tira.

2. TIRA ESTAMPADA DE AÇO REVESTIDO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as camadas (c) e (d) são quase-contínuas pela ocupação de pelo menos 90% de seu nível correspondente às mencionadas camadas consideradas e onde menos de 10% da camada (c).

3. TIRA ESTAMPADA DE AÇO REVESTIDO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizado pelo fato de que o aço na tira compreende os seguintes componentes em peso com base no peso total:

0,15% < carbono < 0,5%

0,5% < manganês < 1 %

0,1% < silício < 0,5%

0,01% < cromo < 1%

titânio < 0,2%

alumínio < 0,1%

fósforo < 0,1%

enxofre < 0,05%

0,0005% < boro < 0,08%,

e também compreende ferro e impurezas inerentes no processamento.

4. TIRA ESTAMPADA DE AÇO REVESTIDO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o aço na tira compreende os componentes a seguir em peso com base no peso total:

0,20% < carbono < 0,5%

0,8% < manganês < 1,5%

0,1% < silício < 0,35%

0,01% < cromo < 1%

titânio < 0,1%

alumínio < 0,1%

fósforo < 0,05%

enxofre < 0,03%

0,0005% < boro < 0,01 %

e também compreende ferro e as impurezas inerentes ao processamento.

5. TIRA ESTAMPADA DE AÇO REVESTIDO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o aço compreende 20 ppm ou menos de enxofre.

6. TIRA ESTAMPADA DE AÇO REVESTIDO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a razão de titânio para nitrogênio na chapa de aço em % em peso está acima de 3,42.

7. TIRA ESTAMPADA DE AÇO REVESTIDO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o pré-revestimento de alumínio ou de liga de alumínio compreende de 8 a 11 % em peso de silício, de 2% a 4% em peso de ferro, o restante sendo alumínio e as impurezas inerentes ao processamento.

8. PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UMA TIRA ESTAMPADA DE AÇO REVESTIDO, estampada a quente, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

a) aquecimento de uma chapa de aço pré-revestida com alumínio ou liga de alumínio em um forno pré-aquecido até uma temperatura e durante um tempo definido:

- pelo diagrama ABCD, definido por:

A: 3 minutos, 930°C;

B: 6 minutos, 930°C;

C: 13 minutos, 880°C;

D: 4,5 minutos, 880°C

para uma espessura da chapa de aço maior ou igual a 0,7 mm; e

- pelo diagrama EFGH, definido por:

E: 4 minutos, 940°C;

F: 8 minutos, 940°C

G: 13 minutos, 900°C

H: 6,5 minutos, 900°C

para uma espessura da chapa de aço maior que 1,5 mm e menor ou igual a 3,0 mm,

a uma taxa de aquecimento V_c entre 20 e 700°C compreendida entre 4 e 12°C/s, para obter um disco aquecido;

b) transferência do disco aquecido para um molde; e

c) estampagem do disco aquecido no dito molde, para assim obter uma tira de aço estampada a quente, o tempo de transferência entre a saída de um forno e a etapa de estampagem sendo inferior a 10 segundos,

em que o mencionado produto aquecido é resfriado a uma taxa média entre a temperatura de saída do mencionado forno até 400°C, de pelo menos 30°C/s.

9. PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UMA TIRA ESTAMPADA DE AÇO REVESTIDO, estampada a quente, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o mencionado disco aquecido é deformado por uma quantidade maior que 10% durante a mencionada estampagem e o mencionado produto aquecido é resfriado a uma taxa média entre a temperatura de saída do mencionado forno, até 400°C, de pelo menos 50°C/s.

10. PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UMA TIRA ESTAMPADA DE AÇO REVESTIDO, estampada a quente, de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 8 caracterizado pelo fato de que a mencionada chapa de aço pré-revestida é obtida pelas etapas de

pré-revestimento por imersão a quente de uma tira de aço tendo um primeiro lado e um segundo lado com alumínio ou liga de alumínio, a espessura do pré-revestimento em pelo menos um dos mencionados primeiro lado e segundo lado da mencionada tira tendo uma espessura de 20 a 33 μm em todos os locais em pelo menos um dos mencionados primeiro e segundo lados da mencionada tira; e

corte da mencionada tira de aço pré-revestida para se obter uma chapa.

1/4

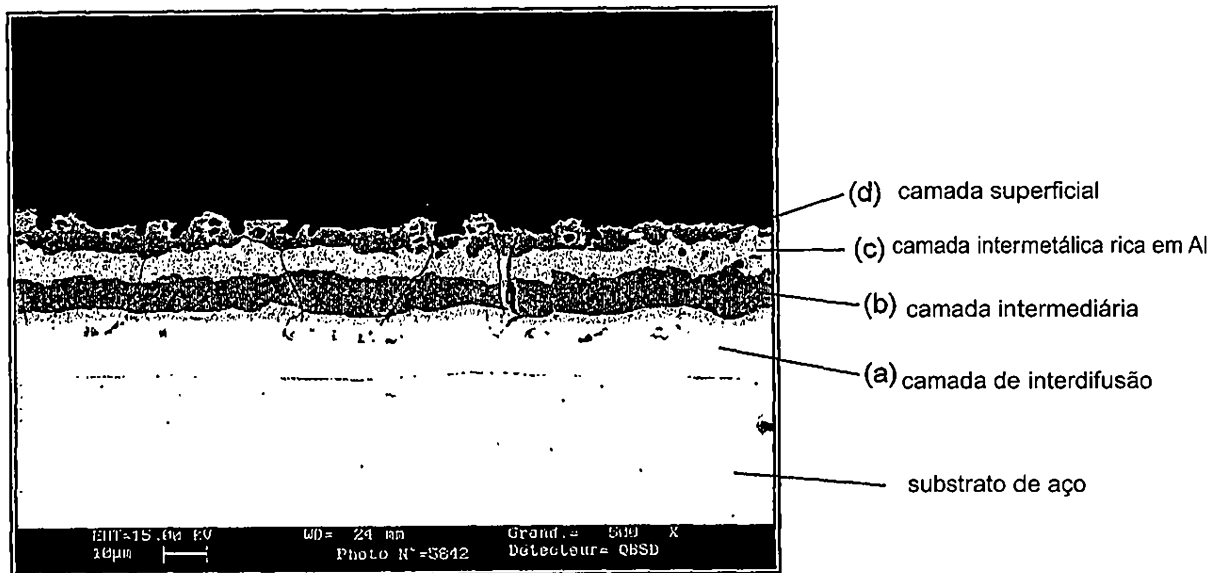


Fig. 1

10µm

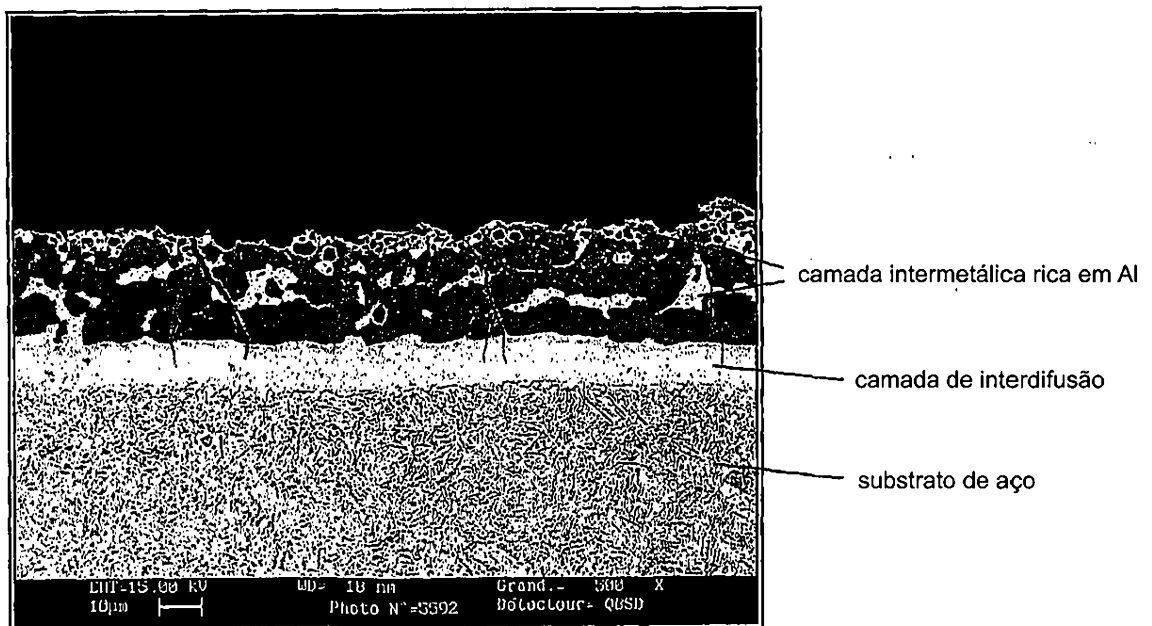


Fig.2

10µm

2/4

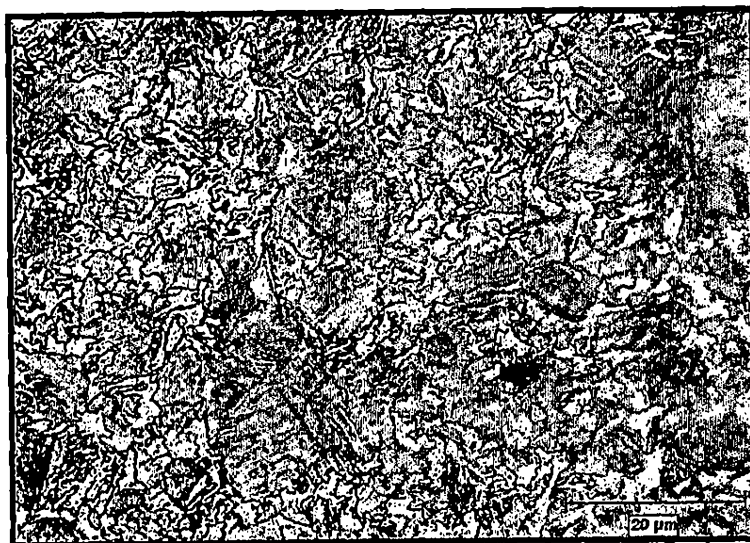


Fig. 3

10µm

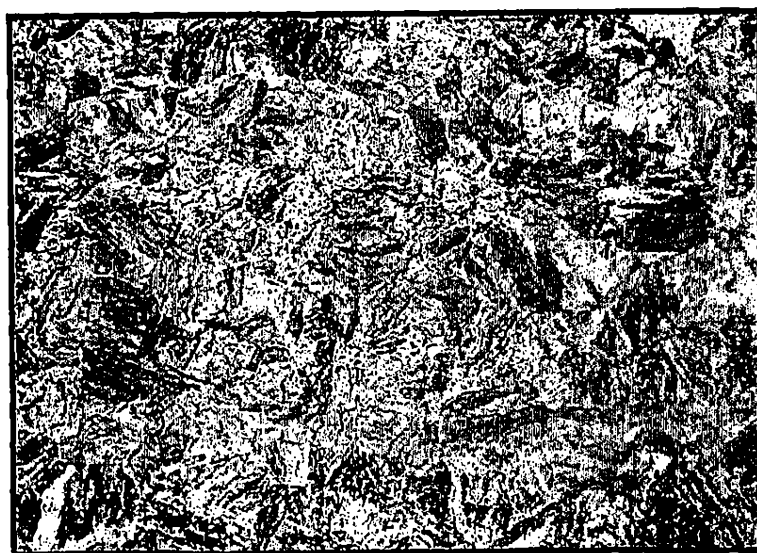


Fig. 4

10 µm

3/4

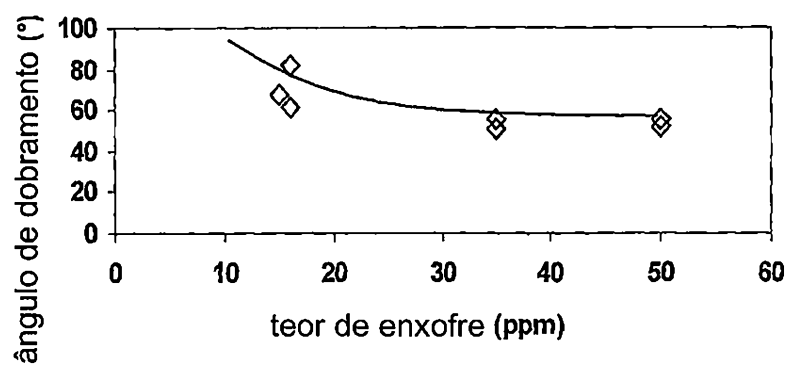


Fig. 5

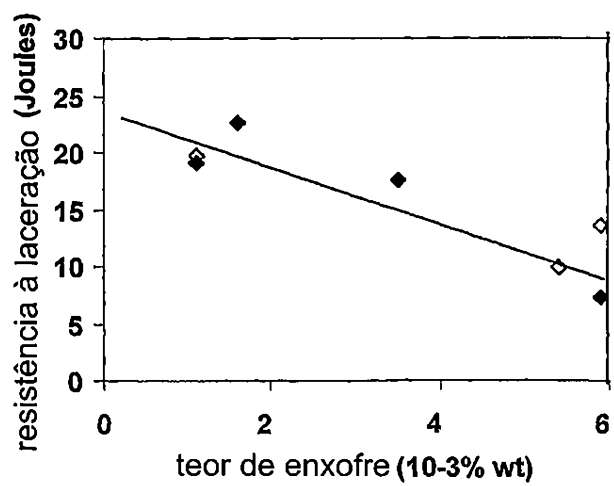


Fig. 6

4/4

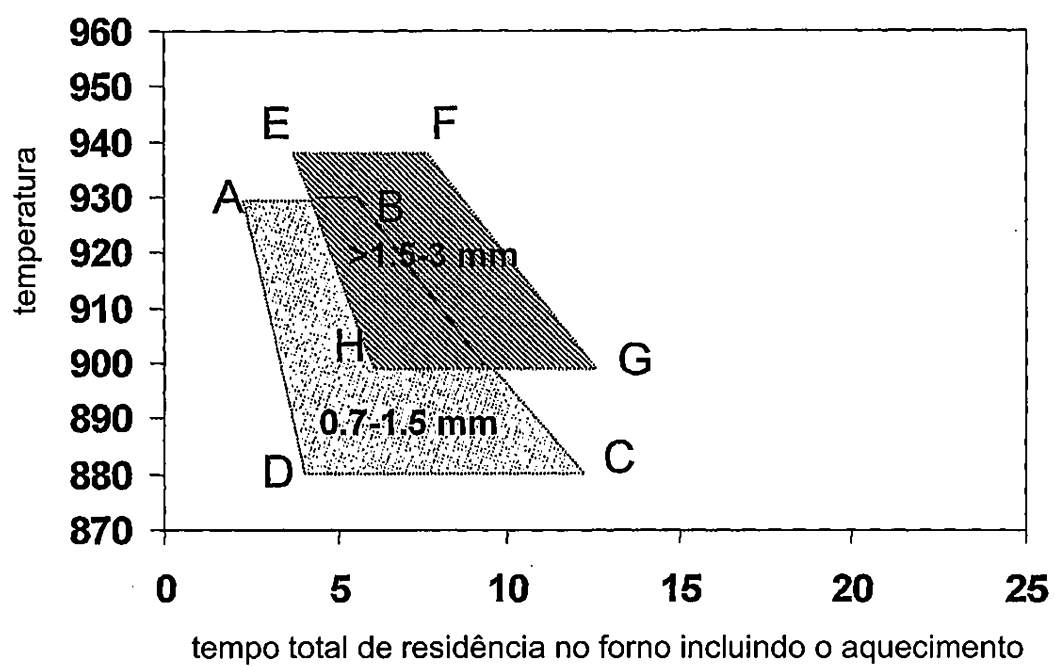


Fig. 7