



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

(11) PI 0910310-4 B1



(22) Data do Depósito: 14/05/2009

(45) Data de Concessão: 02/07/2019

(54) Título: PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA TIRA METÁLICA, TIRA METÁLICA E PEÇA METÁLICA OBTIDA POR DEFORMAÇÃO

(51) Int.Cl.: C23C 2/06; C23C 2/26.

(30) Prioridade Unionista: 14/05/2008 EP 08 290450.9.

(73) Titular(es): ARCELORMITTAL INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO, S.L..

(72) Inventor(es): JEAN-MICHEL MATAIGNE; LUC DIEZ.

(86) Pedido PCT: PCT FR2009000560 de 14/05/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/147309 de 10/12/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 21/09/2010

(57) Resumo: PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA TIRA METÁLICA, TIRA METÁLICA E PEÇA METÁLICA OBTIDA POR DEFORMAÇÃO A presente invenção refere-se a um processo de fabricação de uma tira metálica que apresenta um revestimento metálico de proteção contra a corrosão, que compreende as etapas que consistem em fazer passar a tira metálica por um banho de metal em fusão que compreende entre 2 e 8% em peso de alumínio, de 0 a 5% em peso de magnésio e até 0,3% em peso de elementos de adição, o complemento sendo zinco e impurezas inevitáveis, o banho sendo mantido a uma temperatura compreendida entre 350 e 700°C; depois secar a tira metálica revestida por meio de bocais que projetam um gás de um lado e do outro da tira, depois resfriar o revestimento de maneira controlada até a sua solidificação completa, o resfriamento sendo efetuado a uma velocidade inferior a 15°C/s entre a temperatura na saída da secagem e o início da solidificação, depois a uma velocidade superior ou igual a 15°C/s entre o início e o fim de sua solidificação, assim como uma tira metálica que pode ser obtida por este processo e como uma peça metálica obtida por deformação desta tira.

"PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA TIRA METÁLICA, TIRA METÁLICA E PEÇA METÁLICA OBTIDA POR DEFORMAÇÃO"

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a um processo de fabricação de uma tira metálica que apresenta um aspecto melhorado, mais particularmente destinada a ser utilizada para a fabricação de peças laminadas a frio por encruamento/acabamento para veículos terrestres a motor, sem, todavia, ser limitada a estas.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] As placas de aço destinadas à fabricação de peças para veículo terrestre a motor são geralmente revestidas de uma camada metálica de proteção contra a corrosão, à base de zinco, depositada seja por imersão a quente em um banho líquido à base de zinco, seja por eletrodeposição em um banho eletrolítico que compreende íons do zinco.

[003] As placas galvanizadas destinadas à fabricação de peças laminadas a frio por encruamento/acabamento, são em seguida moldadas e reunidas para formar uma peça não trabalhada, que é em seguida revestida por pelo menos uma camada de tinta, que garante uma maior proteção contra a corrosão assim como um bom aspecto na superfície.

[004] Tendo isso em vista, convencionalmente, os fabricantes de automóveis aplicam primeiro sobre a peça não trabalhada uma camada de cataforese, depois uma camada de tinta de primeira mão, uma camada de tinta de base e eventualmente uma camada de verniz. Para se obter um aspecto de superfície pintada satisfatório, geralmente é aplicada uma espessura total de tinta compreendida entre 90 e 120 μm , constituída de uma camada de cataforese de 20 a 30 μm de espessura, de uma camada de tinta de primeira mão de 40 a 50 μm e uma camada de tinta de base de 30 a 40 μm , por exemplo.

[005] A fim de limitar a espessura dos sistemas de tinta a um valor inferior a 90 μm , certos fabricantes de automóveis propuseram seja evitar a etapa de cataforese seja ainda limitar o número de camadas de tinta para aumentar a produtividade. No entanto, até agora, esta redução de espessura do sistema de tinta se efetua sempre em prejuízo do aspecto da superfície pintada final da peça e não é empregada industrialmente.

[006] Com efeito, os revestimentos à base de zinco que servem de substrato de base apresentam o que se denomina uma ondulação de sua superfície, que pode atualmente ser compensada somente por grandes camadas de tinta sob pena de ter um aspecto denominado "casca de laranja" inaceitável para peças de carroceria.

[007] A ondulação W da superfície é uma irregularidade geométrica moderada, pseudoperiódica, de comprimento de onda bastante grande (0,8 a 10 mm) que se distingue pela rugosidade R que corresponde às irregularidades geométricas de pequenos comprimentos de onda ($< 0,8$ mm). Na presente invenção, a média aritmética W_a do perfil de ondulação, expressa em μm , foi mantida para caracterizar a ondulação da superfície da placa e as medidas de ondulação foram realizadas com um limite de corte de 0,8 mm e designadas por $W_{a,0,8}$.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[008] O objetivo da invenção é, portanto, apresentar um processo de fabricação de uma tira metálica revestida de um revestimento anti-corrosão, cuja ondulação $W_{a,0,8}$ seja reduzida em relação às tiras da técnica anterior, permitindo assim fabricar peças metálicas pintadas que necessitem uma espessura total de tinta reduzida em relação às peças da técnica anterior.

[009] Tendo isso em vista, um primeiro objetivo da invenção é constituído por um processo de fabricação de uma tira metálica que apre-

sente um revestimento metálico de proteção contra a corrosão, que compreende as etapas que consistem em:

- fazer passar a tira metálica por um banho de metal em fusão que compreende entre 2% em peso e 8% em peso de alumínio, de 0 a 5% em peso de magnésio e até 0,3% em peso de elementos de adição, o complemento sendo zinco e impurezas inevitáveis, o dito banho sendo mantido a uma temperatura compreendida entre 350 e 700°C depois

- deixar escorrer o líquido da tira metálica revestida por meio de bocais que projetam um gás de um lado e do outro da tira, depois

- resfriar o revestimento de maneira controlada até a sua solidificação completa, o dito resfriamento sendo efetuado a uma velocidade inferior a 15°C/s entre a temperatura na saída do escoamento do líquido e o início da solidificação, depois a uma velocidade superior ou igual a 15 °C/s entre o início e o fim de sua solidificação.

[0010] Em modalidades preferidas, o processo de acordo com a invenção também pode compreender as características a seguir, consideradas sozinhas ou em combinação:

- o resfriamento é efetuado a uma velocidade inferior a 10°C/s entre a temperatura na saída do escoamento do líquido e o início da solidificação, depois a uma velocidade superior ou igual a 15 °C/s entre o início e o fim de sua solidificação,

- o resfriamento é efetuado a uma velocidade inferior a 10°C/s entre a temperatura na saída do escoamento do líquido e o início da solidificação, pois a uma velocidade superior ou igual a 20°C/s entre o início e o fim de sua solidificação,

- escorre-se o líquido da tira metálica revestida de tal maneira que a parte da tira situada entre a linha de escoamento do líquido e que termina pelo menos 10 cm acima esteja em contato com uma atmosfera cujo

poder oxidante é inferior àquele de uma atmosfera constituída de 4% em volume de oxigênio e 96% em volume de nitrogênio,

- a tira metálica é uma tira de aço.

[0011] Outro objetivo da invenção uma tira metálica laminada a frio e revestida por imersão a quente porém não laminada a frio por encruamento/acabamento, que pode ser obtida pelo processo de acordo com a invenção, cujo revestimento metálico compreende de 2 a 8% em peso de alumínio, de 0 a 5% em peso de magnésio, até 0,3% em peso de elementos adicionais, o complemento sendo constituído de zinco e de impurezas inevitáveis, o dito revestimento apresentando uma ondulação $Wa_{0,8}$ inferior ou igual a $0,5 \mu m$, de preferência inferior ou igual a $0,45 \mu m$. Em modos de realizações preferidos, a tira metálica de acordo com a invenção também pode compreender as características a seguir, consideradas sozinhas ou em combinação:

- o revestimento metálico não contém magnésio,

- o revestimento metálico contém de 1 a 4% em peso de magnésio,

- a tira metálica é constituída de aço.

[0012] Outro objetivo da invenção é por deformação de uma tira metálica não laminada a frio por encruamento/acabamento, cujo revestimento apresenta uma ondulação $Wa_{0,8}$ inferior ou igual a $0,48 \mu m$, de preferência inferior ou igual a $0,43$.

[0013] Ainda outro objetivo da invenção é uma peça metálica obtida por deformação de uma tira metálica que tenha sido submetida a uma operação de laminação a frio por encruamento/acabamento antes da deformação, cujo revestimento apresenta uma ondulação $Wa_{0,8}$ inferior ou igual a $0,35 \mu m$, de preferência inferior ou igual a $0,32$, até mesmo $0,31 \mu m$.

[0014]As características e vantagens da presente invenção surgirão melhor durante a descrição a seguir, fornecida a título de exemplo não limitativo.

[0015]A primeira etapa do processo de acordo com a invenção consiste em fazer passar continuamente uma tira metálica, tal como uma tira de aço, em um banho de revestimento que contenha metal em fusão, contido em um cadinho.

[0016]A velocidade de passagem da tira nas linhas industriais está em geral compreendida entre 40 m/minuto e 200 m/minuto, por exemplo, e é de preferência superior a 120 m/minuto, até mesmo superior a 150 m/minuto.

[0017]A composição do banho de revestimento a ser utilizado no processo de acordo com a invenção é à base de zinco e contém desde 2% até 8% em peso de alumínio, que é, portanto, um elemento indispensável do revestimento. Os inventores constataram que um revestimento que compreende menos de 2% em peso de alumínio não permitia obter melhoria da ondulação pelo processo de acordo com a invenção. Desde que um revestimento compreenda mais de 8% em peso de alumínio também não permite obter este efeito procurado para a invenção. Este elemento permite igualmente melhorar a resistência à corrosão.

[0018]O banho pode igualmente conter até 5% em peso de magnésio a fim de melhorar a resistência à corrosão do revestimento galvanizado e em particular a sua resistência à ferrugem. Para se obter um efeito notável sobre a resistência à corrosão, prefere-se adicionar pelo menos 0,1% em peso, até mesmo 0,2% em peso e de preferência pelo menos 1% em peso. Limita-se o seu teor no banho até 5%, até mesmo até 4% em peso pois o revestimento obtido poderia apresentar problemas de fragilidade e de aderência por ocasião da moldagem posterior, para teores superiores. Além

disso, os inventores constataram que a adição deste elemento não questionava os resultados obtidos sobre a ondulação pela adição de alumínio.

[0019] A composição do banho pode igualmente conter até 0,3% em peso de elementos opcionais de adição tais como Si, Sb, Pb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Ni, Zr ou Bi. Estes diferentes elementos podem permitir, entre outras coisas, melhorar a resistência à corrosão do revestimento ou então a sua fragilidade ou a sua adesão, por exemplo. O versado na técnica que conhece os seus efeitos sobre as características do revestimento irá saber empregá-los em função do objetivo complementar procurado. Verificou-se igualmente que estes elementos não interferiam no controle da ondulação obtida pelo processo de acordo com a invenção. Em certas circunstâncias, será preferível, no entanto, limitar o teor de titânio a menos de 0,01%, até mesmo menos de 0,005% pois este elemento pode gerar problemas de poluição dos banhos de desengorduramento e de fosfatação dos fabricantes de automóveis.

[0020] Enfim o banho pode conter impurezas inevitáveis provenientes dos lingotes de alimentação do cadinho ou então ainda da passagem da tira no banho. Poderemos citar especialmente o ferro etc.

[0021] O banho é mantido a uma temperatura compreendida entre a temperatura do liquidus + 10°C e 700°C, a temperatura do liquidus variando em função de sua composição. Para a faixa de revestimentos utilizados na presente invenção, esta temperatura estará, portanto, compreendida entre 350 e 700°C. Será lembrado que o liquidus está à temperatura além da qual uma liga se encontra no estado inteiramente fundido, o solidus estando à temperatura abaixo da qual uma liga está no estado inteiramente solidificado. Para certas composições, a temperatura do liquidus poderá ser igual à do solidus.

[0022] Depois da passagem no cadinho, a tira metálica revestida em suas duas faces é em seguida submetida a um escoamento do líquido por meio de bocais colocados de um lado e do outro da tira que projetam um gás, tal como ar ou gás inerte, em direção à superfície da tira. Esta operação clássica, bem-conhecida do versado na técnica, permite de regular a espessura do revestimento de maneira precisa, enquanto ele não estiver ainda solidificado. Na saída da operação de escoamento do líquido, a etapa essencial do processo de acordo com a invenção é o resfriamento controlado do revestimento até sua solidificação completa.

[0023] Com efeito, os presentes inventores constataram que era necessário resfriar o revestimento de maneira diferenciada antes do início da solidificação e desde o início desta.

[0024] Assim, o resfriamento precisa ser efetuado a uma velocidade inferior a 15°C/s , de preferência inferior a 10°C/s e de maneira mais particularmente preferida inferior ou igual a 5°C/s , entre a temperatura na saída do escoamento do líquido e o início da solidificação (ou seja quando o revestimento cai justamente até abaixo da temperatura do liquidus), depois a uma velocidade superior ou igual a 15°C/s , de preferência superior a 20°C/s , entre o início e o fim de sua solidificação (ou seja quando o revestimento atinge a temperatura do solidus).

[0025] Respeitando estas instruções, observa-se com efeito uma melhoria surpreendente e significativa da ondulação dos revestimentos em questão, como demonstram os ensaios apresentados mais adiante.

[0026] O resfriamento até o início da solidificação poderá ser obtido por convecção natural se desejarmos resfriar a uma velocidade que não ultrapasse aproximadamente 5°C/s . Além disso, será geralmente necessário realizar um resfriamento forçado por qualquer dispositivo técnico adaptado, tal como uma insuflação de gás frio, por exemplo.

[0027] Da mesma maneira, o resfriamento a partir do início da solidificação irá se fazer normalmente por resfriamento forçado.

[0028] Quando a placa revestida for completamente resfriada, ela pode ser submetida a uma operação de laminação a frio por encruamento/acabamento que permite de conferir à mesma uma textura que facilite a sua moldagem posterior. Com efeito, a operação de laminação a frio por encruamento/acabamento permite conferir à superfície da placa uma rugosidade suficiente para que a sua moldagem se efetue em boas condições, favorecendo uma boa retenção do óleo aplicado sobre a placa antes de sua moldagem.

[0029] Esta operação de laminação a frio por encruamento/acabamento é geralmente realizada para as placas metálicas destinadas à fabricação de peças de carroceria para veículos terrestres a motor. Quando as placas metálicas de acordo com a invenção forem destinadas à fabricação de eletrodomésticos, por exemplo, não se realiza esta operação suplementar.

[0030] A placa laminada a frio por encruamento/acabamento ou não é em seguida moldada, por exemplo, por estampagem, dobra ou perfilação e de preferência por estampagem, para formar uma peça que possa em seguida ser pintada. No caso das peças para eletrodomésticos, pode-se também submeter eventualmente esta camada de tinta a um recozimento por meios físicos e/ou químicos, por si conhecidos. Para este efeito, pode-se fazer passar a peça pintada através de um forno de ar quente ou de indução ou ainda sob lâmpadas UV ou sob um dispositivo que difunde feixes de elétrons.

[0031] Para a produção de peças para o automóvel, estas são imersas em um banho de cataforese e se aplica sucessivamente, uma ca-

mada de tinta de primeira mão, uma camada de tinta de base e eventualmente uma camada de verniz de acabamento.

[0032] Antes de aplicar a camada de cataforese sobre a peça, esta é previamente desengordurada depois fosfatada de maneira a garantir a aderência da cataforese. A camada de cataforese garante para a peça uma proteção complementar contra a corrosão. A camada de tinta de acabamento, geralmente aplicada com uma pistola, prepara a aparência final da peça e protege a mesma contra-ataque por cascalho e contra os raios UV. A camada de tinta de base confere à peça a sua cor e sua aparência final. A camada de verniz confere à superfície da peça uma boa resistência mecânica, uma resistência contra os agentes químicos agressivos e um bom aspecto na superfície.

[0033] A camada de tinta (ou sistema de tinta) empregada para proteger e garantir um ótimo aspecto de superfície às peças galvanizadas, apresenta, por exemplo, uma camada de cataforese de 10 a 20 μm de espessura, uma camada de tinta de primeira mão inferior a 30 μm e uma camada de tinta de base inferior a 40 μm .

[0034] Nos casos em que o sistema de tinta compreender também uma camada de verniz, as espessuras das diferentes camadas de tinta são geralmente as seguintes:

- camada de cataforese: inferior a 10 até 20 μm ,
- camada de tinta de primeira mão: inferior a 20 μm ,
- camada de tinta de base: inferior a 20 μm e vantajosamente inferior a 10 μm e
- camada de verniz: de preferência inferior a 30 μm .

[0035] O sistema de tinta poderá igualmente não compreender camada de cataforese e compreender apenas uma camada de tinta de pri-

meira mão e uma camada de tinta de base e eventualmente uma camada de verniz.

[0036] Por outro lado, investigações complementares permitiram melhorar ainda mais o nível de ondulação das placas e das peças de acordo com a invenção, tomando medidas especiais na zona de escoamento de líquido do revestimento.

[0037] Especificamente os presentes inventores constataram que fazendo de forma que a atmosfera desta zona apresente um poder oxidante inferior ao de uma atmosfera constituída de 4 % em volume de oxigênio e de 96% em volume de nitrogênio, reduzir-se-ia ainda mais o nível de ondulação das placas que foram submetidas a um resfriamento de acordo com a invenção.

[0038] A zona que precisa ser mantida em um baixo nível de oxidação é no mínimo aquela que começa imediatamente acima da linha de escoamento do líquido e é interrompida pelo menos 10 cm acima e que circunda a tira que passa sobre suas duas faces. Entende-se neste caso por linha de escoamento de líquido o segmento mais curto que liga o bocal e a placa, correspondente ao trajeto mínimo efetuado pelo gás de secagem.

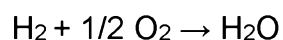
[0039] Esta regulamentação do nível de oxidação poderá ser efetuada por qualquer método adaptado, tal como, por exemplo, uma caixa de confinamento que recobre a zona de escoamento de líquido e alimentada com gás neutro como nitrogênio. Será igualmente possível utilizar um gás pobre em oxigênio como gás de secagem e não alimentar particularmente a caixa com gás inerte, está sendo então alimentada unicamente pelo fluxo de gás de secagem.

[0040] Para determinar o poder oxidante da atmosfera que circunda a tira, será realizada a avaliação de sua pressão parcial de oxigênio equivalente ao equilíbrio.

[0041] Quando o único gás oxidante presente for o O₂, misturado com um gás inerte (nitrogênio, argônio), esta pressão é então igual ao teor volumétrico de O₂ que se pode medir em tempo real por meio de um captador adaptado.

[0042] Quando outros gases oxidantes, tais como H₂O ou CO₂ estiverem presentes em mistura com um gás redutor, tal como H₂ ou CO, por exemplo, a pressão parcial de oxigênio equivalente é calculada pela lei de ação de massa à temperatura dos gases considerada.

[0043] Por exemplo, para o par H₂/H₂O, a reação é representada como a seguir:



no equilíbrio termodinâmico, as pressões parciais dos gases obedecem à seguinte relação:

$$\frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{H}_2} \times \sqrt{p_{\text{O}_2}}} = e^{-\frac{\Delta G}{RT}}$$

onde R é a constante dos gases perfeitos, T é a temperatura dos gases em graus Kelvin e ΔG é a variação de energia livre associada à reação, que se encontra nas tabelas de termodinâmica, em calorias por mol ou em Joules por mol de acordo com o valor considerado para a constante R.

[0044] Desta relação, extrai-se o valor de pO₂, pressão parcial de oxigênio equivalente ao equilíbrio para a mistura gasosa considerada.

[0045] No esquema da invenção, é necessário que pO₂ esteja compreendido entre 0,0015 e 0,04.

[0046] Por outro lado, pode ser desejável prolongar a eventual caixa de confinamento até a superfície do banho ou até uma posição intermediária entre o banho e a linha de secagem a fim de limitar a oxidação antes da secagem. Com efeito, quando a superfície da placa for exposta ao ar livre, uma tal camada se forma sistematicamente, porém a maior parte do

tempo eliminada é enviada para o banho de aplicação de revestimento sob o impacto do jato de secagem. Um tal confinamento permite, portanto, reduzir a quantidade de óxidos do banho que podem ser arrastados pela tira durante a sua passagem e criar assim defeitos prejudiciais.

[0047] Este apresenta, no entanto, o inconveniente de favorecer a vaporização de zinco do banho, vapores que podem em seguida provocar depósitos na caixa de confinamento.

[0048] Apesar de todas as espécies de bocais de secagem possam ser utilizados para a realização do processo de acordo com a invenção, será preferível mais particularmente escolher bocais cujo orifício de saída se apresente sob a forma de lâmina cuja largura ultrapassa a largura da tira a ser revestida. Este tipo de bocal permite com efeito realizar um bom confinamento da parte baixa da zona de secagem.

ENSAIOS

[0049] Realizam-se os ensaios utilizando-se uma placa metálica de aço do tipo IF-Ti laminada a frio, que se faz passar em um cadinho contendo um banho metálico à base de zinco que compreende proporções variáveis de alumínio e de magnésio. Este é mantido a uma temperatura de 70°C acima do liquidus da composição.

[0050] Na saída do banho, o revestimento obtido é seco com nitrogênio por meio de dois bocais clássicos de maneira a obter uma espessura de revestimento da ordem de 7 μm .

[0051] Acima destes bocais de secagem é colocada uma série de caixas de resfriamento, de um lado e do outro da tira, as caixas permitindo insuflar ar para solidificar o revestimento por convecção forçada. Em função da vazão, da temperatura do gás de insuflação e do número de caixas em serviço, pode-se regular a velocidade de resfriamento entre 5 e 50°C/s.

[0052] Variando estes parâmetros e a posição das caixas em serviço, realiza-se uma série de ensaios de maneira a obter resfriamentos controlados a diferentes velocidades de resfriamento, antes de atingir a temperatura do liquidus e entre esta temperatura e a temperatura do solidus. Quando todas as caixas forem desconectadas, o revestimento é submetido apenas a uma convecção natural a uma velocidade de aproximadamente 5°C/s.

[0053] Realizou-se igualmente um ensaio (número de referência 17) realizando-se uma secagem com nitrogênio em caixa confinada com limitação do teor de oxigênio a 4% em volume na zona que começa no nível da linha de secagem e que acaba 10 cm acima.

[0054] Enfim, estampam-se as amostras obtidas de acordo com um modo de deformação equibiaxial a 3,5% (Marciniak). Uma parte das amostras foi previamente submetida a uma operação de laminação a frio por encruamento/acabamento com uma taxa de alongamento de 1,5%.

[0055] À medida que os ensaios são realizados, medem-se os valores de ondulação $Wa_{0,8}$. Esta medição consiste em adquirir, por teste mecânico, sem patim, um perfil da placa de um comprimento de 50 mm, medido a 45° da direção de laminação. Deduz-se no sinal obtido a aproximação de sua forma geral por um polinômio de grau de pelo menos 5. A ondulação Wa é então isolada da rugosidade Ra por um filtro gaussiano no limite de corte de 0,8 mm.

[0056] Os resultados obtidos estão reunidos na tabela a seguir:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

TABELA

| Ensaio | Composição do revestimento(% em peso) | | | liquidus e solidus (°C) | VR antes do liquidus (°C/s) | VR entre liquidus e solidus (°C/s) | Ondulação $W_{a0,8}$ (μm) | | | |
|--------|---------------------------------------|------------|-----|-------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|---|---|--|
| | Zn | Al | Mg | | | | Sem "laminação a Frio por encruamento/acabamento" nem deformação | Sem "laminação a frio por encruamento/acabamento" e após a deformação | Com "laminação a frio por encruamento/acabamento" e antes da deformação | Com "laminação a frio por encruamento/acabamento" e depois da deformação |
| 1 | 93 | 4 | 3 | 357-340 | 5 | 5 | <u>1,21</u> | <u>1,08</u> | 0,42 | <u>0,87</u> |
| 2 | 93 | 4 | 3 | 357-340 | 5 | <u>10</u> | <u>0,92</u> | ne | ne | ne |
| 3* | 93 | 4 | 3 | 357-340 | 5 | 15 | 0,43 | ne | ne | ne |
| 4 | 93 | 4 | 3 | 357-340 | 5 | 20 | 0,39 | 0,34 | 0,32 | 0,30 |
| 5* | 93 | 4 | 3 | 357-340 | 5 | 20 | 0,47 | ne | ne | ne |
| 6 | 93 | 4 | 3 | 357-340 | <u>15</u> | 20 | <u>3,01</u> | ne | ne | ne |
| 7 | 99,7 | <u>0,3</u> | 0 | 416-413 | 5 | 20 | <u>0,71</u> | 0,62 | 0,41 | <u>0,63</u> |
| 8 | 93 | <u>1,5</u> | 1,5 | 380-340 | 5 | 20 | <u>0,84</u> | ne | ne | ne |
| 9 | 86 | <u>11</u> | 3 | 428-340 | 5 | 20 | <u>0,68</u> | ne | ne | ne |
| 10* | 95,5 | 3 | 1,5 | 369-340 | 5 | 20 | 0,42 | 0,39 | 0,34 | 0,33 |
| 11* | 91 | 6 | 3 | 371-340 | 5 | 20 | 0,43 | 0,40 | 0,35 | 0,32 |
| 12* | 98 | 2 | 0 | 401-381 | 5 | 20 | 0,48 | 0,46 | 0,36 | 0,35 |
| 13* | 95 | 5 | 0 | 381-381 | 5 | 20 | 0,43 | 0,39 | 0,35 | 0,34 |
| 14 | 95 | 5 | 0 | 381-381 | <u>15</u> | 20 | <u>3,36</u> | ne | ne | ne |
| 15 | 95 | 5 | 0 | 381-381 | 5 | <u>5</u> | <u>1,37</u> | <u>1,14</u> | 0,43 | <u>0,93</u> |
| 16* | 92 | 8 | 0 | 410-381 | 5 | 20 | 0,47 | 0,44 | 0,37 | 0,34 |
| 17* | 93 | 4 | 3 | 357-340 | 5 | 20 | 0,36 | 0,33 | 0,30 | 0,28 |

ne: não avaliado,

*: de acordo com a invenção

VR: velocidade de resfriamento

[0057] Pelos ensaios 1 a 3, constata-se que a partir de uma velocidade de resfriamento por ocasião da solidificação superior ou igual a 15 °C/s obtém-se uma ondulação espetacularmente reduzida, não laminada a frio por encruamento/acabamento.

[0058] Por outro lado, os presentes inventores constataram que um resfriamento demasiadamente rápido na primeira fase de resfriamento, antes de atingir o liquidus, era igualmente prejudicial para o aspecto do revestimento, como demonstra os ensaios 4 a 6 nos quais se observa que o fato de ultrapassar o limite de 15°C/s degrada consideravelmente a ondulação que passa de 0,47 até 3,01 μm quando se passa de um resfriamento de 10 a 15°C/s. Constata-se portanto que esta primeira etapa de resfriamento é igualmente importante para a obtenção do aspecto de superfície procurado, o que leva a se concluir que o conjunto do processo de resfriamento precisa ser controlado.

[0059] Durante a leitura dos ensaios 7 a 12, constata-se igualmente que o efeito de nivelamento da ondulação não é obtido para qualquer revestimento galvanizado, porém unicamente para os revestimentos cuja composição respeite as faixas definidas pela presente invenção.

[0060] No que se refere aos ensaios 4, 10 a 13 e 16 que se realizam em placas laminadas a frio por encruamento/acabamento e estampadas, constata-se uma melhoria surpreendente do nível de ondulação, ao passo que no mesmo tempo, os ensaios comparativos 1, 7 e 15 mostram uma degradação dos resultados obtidos depois da estampagem, não permitindo chegar abaixo do limite de 0,35 μm de ondulação para uma peça fabricada partindo de uma placa laminada a frio por encruamento/acabamento.

[0061] Finalmente, comparando os resultados do ensaio 17 com os resultados do ensaio 4, realizados em condições idênticas, porém

sem precaução especial no nível da secagem, constata-se uma diminuição do nível de ondulação em todos os casos de figuras.

REIVINDICAÇÕES

1. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA TIRA METÁLICA que apresenta um revestimento metálico de proteção contra a corrosão, caracterizado por compreender as etapas que consistem em:

- fazer passar a tira metálica por um banho de metal em fusão que compreende entre 2 e 8% em peso de alumínio, de 0 a 5% em peso de magnésio e até 0,3% em peso de elementos de adição, o complemento sendo zinco e impurezas inevitáveis, o banho sendo mantido a uma temperatura compreendida entre 350 e 700°C, depois;

- secar a tira metálica revestida por meio de bocais que projetam um gás de um lado e do outro da tira, depois

- resfriar o revestimento de maneira controlada até a sua solidificação completa, o resfriamento sendo efetuado a uma velocidade inferior a 15°C/s entre a temperatura na saída do escoamento do líquido e o início da solidificação, depois a uma velocidade superior ou igual a 15°C/s entre o início e o fim de sua solidificação.

2. PROCESSO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o resfriamento é efetuado a uma velocidade inferior a 10°C/s entre a temperatura na saída do escoamento do líquido e o início da solidificação, depois a uma velocidade superior ou igual a 15°C/s entre o início e o fim de sua solidificação.

3. PROCESSO de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que resfriamento é efetuado a uma velocidade inferior a 10°C/s entre a temperatura na saída do escoamento do líquido e o início da solidificação, depois a uma velocidade superior ou igual a 20°C/s entre o início e o fim de sua solidificação.

4. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que se seca a tira metálica revestida de tal

maneira que a parte da tira situada entre a linha de escoamento do líquido e que acaba pelo menos 10 cm acima esteja em contato com uma atmosfera cujo poder oxidante é inferior àquele de uma atmosfera constituída de 4% em volume de oxigênio e 96% em volume de nitrogênio.

5. PROCESSO de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a tira metálica é uma tira de aço.

6. TIRA METÁLICA laminada a frio e revestida por imersão a quente, caracterizada por ser isenta de laminação a frio por encruamento/acabamento, a tira sendo obtida por um processo conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 5, cujo revestimento metálico compreende de 2 a 8% em peso de alumínio, de 0 a 5% em peso de magnésio, até 0,3% em peso de elementos adicionais, o complemento sendo constituído de zinco e de impurezas inevitáveis, o revestimento apresentando uma ondulação $Wa_{0,8}$ inferior ou igual a $0,5\ \mu\text{m}$.

7. TIRA METÁLICA de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato do revestimento metálico compreender 0% de magnésio.

8. TIRA METÁLICA de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato do revestimento metálico conter de 1 a 4 % em peso de magnésio.

9. TIRA METÁLICA de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 8, caracterizada por ser constituída de aço.

10. PEÇA METÁLICA OBTIDA POR DEFORMAÇÃO de uma tira metálica conforme definida em qualquer uma das reivindicações 6 a 9, caracterizada pelo fato do revestimento apresentar uma ondulação $Wa_{0,8}$ inferior ou igual a $0,48\ \mu\text{m}$.

11. PEÇA METÁLICA OBTIDA POR DEFORMAÇÃO de uma tira metálica conforme definida em qualquer uma das reivindicações 6 a 9, caracterizada por ser submetida a uma operação de laminação a frio por encruamen-

to/acabamento antes da deformação, cujo revestimento apresenta uma ondulação $Wa_{0,8}$ inferior ou igual a $0,35 \mu\text{m}$.