



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI0617934-7 A2**

(22) Data de Depósito: 12/10/2006
(43) Data da Publicação: 09/08/2011
(RPI 2118)



(51) *Int.Cl.:*
C23C 2/26 2006.01
C23C 2/28 2006.01

(54) Título: **PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA PEÇA COM CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS MUITO BOAS PARTINDO DE UMA CHAPA LAMINADA E REVESTIDA**

(30) Prioridade Unionista: 27/10/2005 FR pct/fr2005/002689

(73) Titular(es): Arcelormittal France

(72) Inventor(es): Alain Bello, Gérard Dugelay, Vivian Fabbri

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT FR2006002316 de 12/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/048895 de 03/05/2007

(57) Resumo: PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA PEÇA COM CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS MUITO BOAS PARTINDO DE UMA CHAPA LAMINADA E REVESTIDA. A invenção refere-se a uma peça de aço revestido de um composto constituído, sobre mais de 90% de sua espessura, de pelo menos uma fase à base de Fe-Zn cujo teor ponderal de ferro é superior ou igual a 65% e cuja proporção de Fe/Zn está compreendida entre 1, 9 e 4, o dito composto sendo formado por pelo menos um tratamento térmico de formação de liga entre o dito aço e um pré-revestimento, o dito pré-revestimento sendo constituído de uma liga de zinco que compreende, os teores sendo expressos em peso, entre 0,5 e 2,5% de alumínio e, a título opcional, um ou diversos elementos escolhidos entre: Pb $\geq$ 0,003%, Sb $\geq$ 0,003%, Bi $\geq$ 0,003%, 0,002% $\geq$ Si $\geq$ 0,070%, La < 0,05%, Ce < 0,05%, o restante sendo constituído de zinco e das impurezas inevitáveis.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA PEÇA COM CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS MUITO BOAS PARTINDO DE UMA CHAPA LAMINADA E REVESTIDA**".

5 A invenção refere-se à fabricação de peças de aço revestido laminadas a quente ou a frio que apresenta uma alta resistência mecânica assim como uma boa resistência à corrosão.

Para certas aplicações, procura-se realizar peças de aço que combinem uma elevada resistência mecânica, uma grande resistência aos
10 choques e um bom comportamento em relação à corrosão. Este tipo de combinação é particularmente desejável na indústria automobilística onde se procura uma diminuição de peso significativa dos veículos. Isto pode ser especialmente obtido graças à utilização de peças de aços com características mecânicas muito boas cuja microestrutura é martensítica ou bainito-
15 martensítica: peças antiin intrusão, de estrutura ou que participam na segurança dos veículos automotores tais como: barras de pára-choques, reforços de portas ou de suporte de meio, eixo da roda que necessitam, por exemplo, as qualidades mencionadas acima.

A patente FR 20004427 divulga um processo de fabricação em
20 que se aplica a uma chapa de aço laminada, um pré-revestimento metálico de zinco ou de uma liga à base de zinco, o aço possuindo, por exemplo, uma resistência à ruptura da ordem de 500 MPa. Recorta-se em seguida a chapa para se obter uma pre-forma de estampagem ("**FLAN**") e submete-se mesma a um tratamento térmico para formar um composto em liga na superfície
25 e para efetuar uma estampagem a quente **do flan**. Resfria-se em seguida este **flan** em condições capazes de conferir uma dureza elevada ao aço. Partindo de um aço que apresente uma resistência inicial de 500 MPa, obtém-se, por exemplo, peças com uma resistência mecânica superior a 1500 MPa. O composto sob a forma de liga formado por interdifusão do pré-
30 revestimento e do aço durante o tratamento térmico garante assim uma proteção contra a corrosão, a descarburização e uma função de lubrificação à alta temperatura que permite um aumento da duração da vida das ferramen-

tas de estampagem a quente.

Em comparação com um processo de estampagem a quente em peças nuas, ou seja, sem pré-revestimento, a presença do composto fornece uma proteção em relação à descarburagem por ocasião do aquecimento no
5 forno. Libera-se igualmente da necessidade de granular ou de tratar com jato de areia posteriormente as peças para eliminar a camada superficial irregular que se forma por oxidação no forno.

Pode-se, entretanto encontrar limitações à realização deste processo em certas aplicações que necessitem propriedades particulares do
10 revestimento formado por formação de liga:

- As peças estampadas a quente podem envolver zonas de concavidade acentuada. Levando em consideração a diferença de dureza a quente e de reologia entre aço de base e o revestimento, pode-se eventualmente encontrar um fenômeno de formação de entalhes no revestimento no
15 aço de base, em particular em zonas muito deformadas. Para peças muito solicitadas mecanicamente, procura-se evitar estas indexações, zonas de iniciação potencial de defeitos.

- Por ocasião do tratamento térmico que conduz à formação de liga entre o aço e o pré-revestimento, assiste-se a uma germinação de fases
20 Fe-Zn ricas em ferro e a uma difusão do zinco na proximidade destes pontos de germinação. Esta difusão cria lacunas, o que conduz eventualmente à criação de defeitos de compactação a um nível microscópico. Procuram-se, portanto, as condições de fabricação mais favoráveis para reduzir ou eliminar estes defeitos de compactação no revestimento.

- Procura-se igualmente minimizar o desgaste do equipamento
25 por ocasião das operações de moldagem, que pode ser mais ou menos acentuada em função do revestimento. Foi observado que revestimentos com grande rugosidade eram desvantajosos em relação ao comportamento do equipamento. Procuram-se, portanto, as condições que permitem diminuir a
30 rugosidade deste revestimento.

Procura-se igualmente obter um aspecto superficial regular do revestimento depois do tratamento térmico de formação de liga, com o obje-

tivo de uma eventual realização de uma pintura ou de utilização como peças visíveis.

Em particular, procura-se evitar o aparecimento de rachaduras superficiais depois do tratamento térmico: um tal defeito de aspecto do revestimento é caracterizado pela justaposição de células cujo tamanho é geralmente de alguns milímetros, separados por juntas. No seio de uma mesma célula, a espessura do revestimento é sensivelmente constante ao passo que a espessura do depósito é irregular no nível das juntas das células.

A presente invenção tem por objetivo resolver os problemas citados acima. A invenção visa em particular por à disposição um processo de fabricação de peças d'aço laminadas a quente ou a frio pré-revestidas de uma liga à base de zinco, que envolve etapa de tratamento de formação de liga, o revestimento obtido depois da formação de liga apresentando simultaneamente uma boa compactação, uma grande resistência aos fenômenos de formação de rachaduras e uma rugosidade associada a uma longevidade satisfatória do equipamento de fundição. Procura-se igualmente um processo que não acarrete defeito de formação de entalhes.

Com este objetivo, a invenção tem como objetivo uma peça em aço revestida de um composto constituído, sobre mais de 90% de sua espessura, de pelo menos uma fase à base de Fe-Zn cujo teor ponderal de Fe seja superior ou igual a 65% e cuja relação de Fe/Zn esteja compreendida entre 1,9 e 4, o composto sendo formado por pelo menos um tratamento térmico de formação de liga entre aço e um pré-revestimento, o pré-revestimento sendo uma liga à base de zinco, que compreende, os teores estando expressos em peso, entre 0,5 e 2,5% de alumínio, e, a título opcional, um ou diversos elementos escolhidos entre: Pb < 0,003%, Sb < 0,003%, Bi < 0,003%, $0,002\% < \text{Si} < 0,070\%$, La < 0,05%, Ce < 0,05%, o restante sendo constituído de zinco e das inevitáveis impurezas.

Preferencialmente, o pré-revestimento é uma liga cujo teor de alumínio é superior ou igual a 0,5% e inferior ou igual a 0,7% em peso.

De acordo com um modo preferido, o pré-revestimento é uma liga cujo teor de alumínio é superior a 0,7% e inferior ou igual a 0,8% em pe-

so.

Preferencialmente ainda, o pré-revestimento é uma liga cujo teor de alumínio é superior a 0,8% e inferior ou igual a 2,5% em peso.

A título preferido, a composição de aço compreende, os teores sendo expressos em peso: 0,15% < C < 0,5%, 0,5% < Mn < 3%, 0,1% < Si < 0,5%, 0,01% < Cr < 1%, $Ti \leq 0.2\%$, Al < 0,1%, S < 0,05%, P < 0,1%, 0,0005% < B < 0,010%, o restante da composição sendo constituído de ferro e de impurezas inevitáveis que resultam da elaboração.

De acordo com um modo preferido, a composição de aço compreende, os teores sendo expressos em peso 0,15% < C < 0,25%, 0,8% < Mn < 1,5%, 0,1% < Si < 0,35%, 0,01% < Cr < 0,3%, $Ti \leq 0.1\%$, Al < 0,1%, S < 0,05%, P ≤ 0,1%, 0,002% < B < 0,005%, o restante da composição sendo constituído de ferro e de impurezas inevitáveis que resultam da elaboração.

A invenção tem igualmente como objetivo um processo de fabricação de uma peça de aço revestido, que envolve as etapas de acordo com as quais:

- fornece-se uma chapa de aço laminada a quente ou laminada a frio,
- efetua-se um pré-revestimento metálico da chapa por uma formação de liga à base de zinco que compreende, os teores sendo expressos em peso, entre 0,5 e 2,5% de alumínio e, a título opcional um ou diversos elementos escolhidos entre: Pb < 0,003%, Sb < 0,003%, Bi < 0,003%, 0,002% < Si < 0,070%, La < 0,05%, Ce < 0,05%, o restante sendo constituído de zinco e das impurezas inevitáveis, efetua-se opcionalmente um pré-tratamento térmico, recorta-se a chapa para obter uma peça, aquece-se a peça de maneira a formar, para obtenção da liga entre o aço e o pré-revestimento, um revestimento sob a forma de liga constituída, sobre mais de 90% de sua espessura, de pelo menos uma fase à base de Fe-Zn cujo teor ponderal de Fe é superior ou igual a 65% e cuja proporção de Fe/Zn está compreendida entre 1,9 e 4 e de maneira a conferir uma estrutura parcialmente ou totalmente austenítica ao aço,
- on deforma-se a peça a quente e resfria-se a peça nas condi-

ções apropriadas para conferir as características mecânicas visadas para a peça de aço.

De acordo com um modo preferido, o pré-revestimento é uma liga cujo teor de alumínio é superior ou igual a 0,5% e inferior ou igual a 0,7% em peso.

Preferencialmente ainda, o pré-revestimento é uma liga cujo teor de alumínio é superior a 0,7% e inferior ou igual a 0,8% em peso. A título preferencial, o pré-revestimento é uma liga cujo teor de alumínio é superior a 0,8% e inferior ou igual a 2,5% em peso. De acordo com um modo preferido, fornece-se uma chapa de aço laminada a quente ou laminada a frio, cuja composição compreende, os teores sendo expressos em peso: $0,15\% < C < 0,5\%$, $0,5\% < Mn < 3\%$, $0,1\% < Si < 0,5\%$, $0,01\% < Cr < 1\%$, $Ti \leq 0,2\%$, $Al < 0,1\%$, $S < 0,05\%$, $P < 0,1\%$, $0,0005\% < B \leq 0,010\%$, o restante da composição sendo constituído de ferro e de impurezas inevitáveis que resultam da elaboração.

Preferencialmente ainda, fornece-se uma chapa de aço laminada a quente ou laminada a frio, cuja composição compreende, os teores sendo expressos em peso: $0,15\% < C < 0,25\%$, $0,8\% < Mn < 1,5\%$, $0,1\% < Si < 0,35\%$, $0,01\% < Cr < 0,3\%$, $Ti \leq 0,1\%$, $Al < 0,1\%$, $S < 0,05\%$, $P < 0,1\%$, $0,002\% < B < 0,005\%$, o restante da composição sendo constituído de ferro e de impurezas inevitáveis que resultam da elaboração.

De acordo com um modo em particular, o pré-tratamento térmico envolve um aquecimento a uma temperatura que vai de 450 °C até 520 °C durante um período de tempo que vai de 2 até 10 minutos. A título preferido, o aquecimento para realizar a formação de liga e para conferir uma estrutura parcialmente ou totalmente austenítica ao aço é realizada a temperatura compreendida entre A_d e $A_{c3} + 100$ °C, a duração da manutenção a esta temperatura sendo superior ou igual a 20 s. A invenção tem igualmente por objetivo a utilização de uma peça descrita aqui acima ou fabricada segundo uma das variantes descritas aqui acima, para a fabricação de peças de estruturas ou de segurança veículo automotivo terrestre a motor.

Outras características e vantagens da invenção surgirão durante

a descrição aqui a seguir fornecida a título de exemplo e feita em referência às figuras anexas a seguir:

5 A figura 1 apresenta a variação de um índice que caracteriza a qualidade do revestimento, em função do teor de alumínio do pré-revestimento à base de zinco

- A figura 2 apresenta uma vista superficial de uma formação de rachaduras observada sobre a superfície de um aço revestido de acordo com um processo de fabricação que não está de acordo com a invenção.

10 - A figura 3 apresenta uma vista microestrutural em corte de uma placa de aço que envolve um revestimento de acordo com a invenção.

Em relação a um pré-revestimento a partir de zinco puro, os inventores descobriram de maneira surpreendente que a qualidade do revestimento formado depois de um tratamento térmico de formação de liga entre aço de base e o pré-revestimento, era notavelmente melhorada ao passo que o pré-revestimento era constituído de uma liga à base de zinco que contém uma quantidade em particular de alumínio. A figura 1 apresenta a variação de um índice que caracteriza a qualidade do revestimento, em função do teor de alumínio do pré-revestimento à base de zinco. Este índice leva em consideração as qualidades de compactação, de rugosidade e de resistência à formação de rachaduras no revestimento. A cotação deste índice vai de 0 a 10 (10 = qualidades do revestimento muito boas em relação à compactação, à rugosidade e à resistência à formação de rachaduras, 0 = envolvimento muito medíocre)

25 - Enquanto o teor ponderal de alumínio do pré-revestimento for inferior a 0,5%, a compactação do revestimento sob a forma de liga formado é medíocre, este revestimento apresentando porosidades de tamanho variável desenvolvidas por ocasião do tratamento de formação de liga. Além disso, detecta-se nestas condições a presença de uma rede de rachaduras muito desenvolvida.

30 - Enquanto o teor de alumínio for superior a 2,5%, a qualidade do revestimento diminui de maneira importante em virtude de um aumento da rugosidade.

- Enquanto o teor de alumínio do pré-revestimento à base de zinco estiver compreendido entre 0,5 e 0,7%, o revestimento apresenta uma combinação vantajosa, particularmente no que se refere às propriedades de rugosidade e de resistência à formação de rachaduras. Estas propriedades são ainda melhoradas quando o teor de alumínio for superior a 0,7% e inferior ou igual a 0,8%.

- Uma combinação ótima de compactação, de resistência ao desgaste e à formação de rachaduras é obtida quando o teor de alumínio do banho de zinco for superior a 0,8% e inferior ou igual a 2,5%.

O pré-revestimento à base de zinco pode ser depositado sobre aço de base por um processo de imersão, por eletrodeposição, por um processo de depósito sob vácuo ou por um outro processo qualquer. O depósito é efetuado preferencialmente de modo contínuo. Além do alumínio, o pré-revestimento à base de zinco pode conter, a título opcional, um ou diversos elementos entre os quais:

- o chumbo, o antimônio, o bismuto, o teor ponderal de cada um destes três elementos sendo inferior ou igual a 0,003% para evitar o fenômeno de florescência ("Fleurage") no caso de depósitos em imersão.

- o silício, em teor ponderal superior ou igual a 0,002% permite evitar a formação de uma camada interfacial de Fe_xAl_y muito grande. No entanto, quando o teor de silício for superior a 0,070%, provoca-se a formação de pontos opacos no caso de depósitos em imersão.

- o lantânio e o cério, em quantidade inferior ou igual a 0,05%, favorecem a molhabilidade da superfície em relação ao banho de zinco.

O pré-revestimento à base de zinco pode igualmente conter inevitáveis impurezas, tais como, por exemplo, cádmio, estanho ou cobre. Quando o pré-revestimento for efetuado por um processo em imersão, o ferro, o manganês podem estar especialmente assim presentes a título de impurezas. Vantajosamente, o aço de base sobre o qual se efetua o pré-revestimento apresenta a seguinte composição ponderal:

- Um teor de carbono compreendido entre 0,15 e 0,5% e, preferencialmente, entre 0,15 e 0,25% em peso. Este elemento representa um

papel importante sobre a capacidade de molhamento e sobre a resistência mecânica obtida depois do resfriamento que segue o tratamento de austenização e de formação de liga. Abaixo de um teor de 0,15% em peso, a capacidade de sofrer uma têmpera, no entanto, é muito baixa e as propriedades de resistência são insuficientes. Ao contrário, além de um teor de 0,5% em peso, aumenta o risco de formação de defeitos por ocasião da têmpera, particularmente para as peças mais espessas. Um teor de carbono compreendido entre 0,15 e 0,25% permite obter uma resistência compreendida entre 1250 e 1650MPa aproximadamente.

10 - Além do seu papel de desoxidante, o manganês tem igualmente um efeito importante sobre a capacidade de sofrer têmpera, em particular quando o seu teor em peso é pelo menos de 0,5% e preferencialmente de 0,8%. No entanto, uma quantidade demasiadamente grande (3% em peso ou, preferencialmente, 1,5%) conduz a riscos de segregação excessiva.

15 - O teor de silício do aço deve estar compreendido entre 0,1 e 0,5% em peso e, de preferência, entre 0,1 e 0,35%. Além do seu papel na desoxidação de aço líquido, este elemento contribui para o endurecimento do aço, porém o seu teor deve ser entretanto limitado para evitar a excessiva formação de óxidos para favorecer a capacidade de revestimento.

20 - Além de um teor superior a 0,01%, o cromo aumenta a capacidade de têmpera e contribui para a obtenção de uma grande resistência depois da operação de moldagem a quente e isto nas diferentes partes da peça depois do resfriamento que segue o tratamento térmico de austenização e de formação de liga. Além de um teor igual a 1%, (preferencialmente de 25 0,3%), a contribuição do cromo para a obtenção desta homogeneidade de propriedades mecânicas é saturada.

 - O alumínio é um elemento que favorece a desoxidação e a precipitação do nitrogênio. Em quantidade superior a 0,1% em peso, formam-se aluminatos grosseiros por ocasião da elaboração, o que incita a limitar o teor a este valor.

30

 - Em quantidades excessivas, o enxofre e o fósforo conduzem a uma maior fragilidade. É por isso que é preferível limitar o seu respectivo

teor até 0,05 e 0,1% em peso.

- o boro, cujo teor deve estar compreendido entre 0,0005 e 0,010% em peso e, de preferência, entre 0,002 e 0,005% em peso, é um elemento que representa um papel importante sobre a capacidade de têmpera. Abaixo de um teor de 0,0005%, não se obtém um efeito suficiente sobre a capacidade de têmpera. O efeito total é obtido para um teor de 0,002%. O teor máximo de boro deve ser inferior a 0,010% e, preferencialmente, a 0,005%, para não degradar a tenacidade.

- o titânio tem uma grande afinidade pelo nitrogênio e contribui portanto para proteger o boro de maneira que este elemento se encontra sob forma livre para representar o seu efeito total sobre capacidade de têmpera. Além de 0,2% e, mais particularmente de 0,1%, existe no entanto um risco de formar nitreto de titânio grosseiros no aço líquido que representam um papel nefasto sobre a tenacidade.

No processo de acordo com a invenção, fornece-se uma chapa de aço laminada a quente ou a frio de composição exposta aqui antes, efetua-se um pré-revestimento graças a uma liga à base de zinco de composição igualmente apresentada aqui antes. Recorta-se, antes ou depois do tratamento térmico, a chapa para se obter uma peça. Aquece-se em seguida esta peça para realizar conjuntamente:

- Um tratamento de formação de liga de maneira a formar um revestimento constituído, em mais de 90% de sua espessura, de pelo menos uma fase à base de Fe-Zn, cujo teor ponderal de Fe é superior ou igual a 65% e cuja proporção de Fe/Zn está compreendida entre 1,9 e 4.

Durante a reação de formação de liga, assiste-se a uma difusão de elementos da chapa de aço, especialmente de ferro, de manganês, de silício, no seio do revestimento. Da mesma forma, alguns elementos do pré-revestimento, especialmente o zinco e o alumínio, se difundem igualmente.

- Uma austenização de aço de base, esta austenização podendo ser parcial ou total. Efetua-se vantajosamente o aquecimento em um forno de maneira tal que a peça atinja uma temperatura compreendida entre Ad e

Ac3 + 100 °C. Ac1 e Ac3 designam respectivamente as temperaturas de início e do final de transformação austenítica. De acordo com a invenção, o tempo de manutenção a esta temperatura é superior ou igual a 20 s de maneira a uniformizar a temperatura nos diferentes pontos da peça. Efetua-se por ocasião da operação de moldagem a quente da peça, esta operação sendo favorecida pela diminuição do limite de escoamento e do aumento de ductilidade do aço com a temperatura. Partindo da estrutura parcialmente ou totalmente austenítica, a peça será resfriada em condições apropriadas de maneira a conferir as características mecânicas visadas para a peça: em particular, pode-se manter a peça no seio de um equipamento durante o resfriamento, o equipamento podendo ser, ele mesmo, resfriado para favorecer a retirada do calor. A fim de obter propriedades mecânicas elevadas, o alvo será, de preferência, a obtenção de microestruturas martensíticas ou martensito-bainíticas.

15 A título opcional, pode-se efetuar um pré-tratamento térmico depois da etapa de pré-revestimento mencionada aqui antes. Este pré-tratamento térmico envolve um aquecimento que vai de 450 °C até 520 °C durante um período de tempo que vai de 2 a 10 minutos. Este pré-tratamento térmico aumenta a compactação do revestimento formado depois do tratamento conjunto de formação de liga e de austenização, assim como a resistência à formação de fissuras deste revestimento. Foi igualmente constatado que este pré-tratamento térmico favorecia a formação de revestimentos constituídos, em mais de 90% de sua espessura, de duas fases ricas em ferro, cujo teor ponderal de ferro é superior ou igual a 65% e cuja proporção de Fe/Zn está compreendida entre 1, 9 e 4. Na ausência de pré-tratamento, os revestimentos tendem a ser constituídos de uma fase única, rica em ferro. Sem querer ficar preso a uma teoria, pensa-se que este pré-tratamento modifique a interface entre o aço e o pré-revestimento e, portanto, os fenômenos de difusão que intervêm por ocasião do tratamento de formação de liga posterior.

30 A título de exemplo, foram consideradas chapas de aço laminadas a frio de espessura que vai de 1,3 até 1,6 mm, com a seguinte composi-

ção ponderal:

Carbono: 0,22%

Manganês: 1,3%

Silício: 0,30%

5 Fósforo < 0,010%

Enxofre: 0,005%

Cromo: 0,18%

Titânio: 0,025%

Alumínio: 0,050%

10 B: 0,003%

As chapas de aço foram pré-revestidas na imersão em um banho à base de zinco que contém alumínio em quantidade que vai até 5%, de chumbo, de antimônio e de bismuto, estes três elementos em quantidade inferior a 0,003%, assim como ferro, a título de elemento residual inevitável, em quantidade inferior a 0,020%. Foram igualmente efetuados pré-revestimentos de zinco puro por eletrodeposição. No caso dos revestimentos em imersão em um banho, a espessura do pré-revestimento é de 10 a 20 microns aproximadamente, no caso de revestimentos eletrodepositados, a espessura é da ordem de 10 microns. Uma parte das chapas sofreu um pré-tratamento térmico de formação de liga entre 470 e 520 °C, durante um período de tempo que vai de 2 a 10 minutos. Em seguida as chapas foram recortadas para a obtenção das peças.

Estas peças foram em seguida aquecidas até a temperatura de 930 °C (ou seja, Ac3 + 70 °C), uma manutenção de 3 minutos sendo realizada a esta temperatura. O período de duração do aquecimento incluindo o tempo de elevação na temperatura e o tempo de manutenção a 930 °C era de 10 minutos. Estas condições conduzem a uma transformação austenítica completa de aço de base. Durante esta fase de aquecimento e de manutenção, foi constatado que o pré-revestimento à base de zinco forma, em mais de 90% de sua espessura, uma ou diversas fases Fe-Zn cujo teor ponderal de ferro é superior ou igual a 65% e cuja proporção de Fe/Zn está compreendida entre 1, 9 e 4, por uma reação de formação de liga entre aço de base

e o pré-revestimento à base de zinco. Estes revestimento sob a forma de liga com alto ponto de fusão e alta dureza apresenta uma grande resistência à corrosão e evita a oxidação e a descarburização de aço de base subjacente durante e depois da fase de aquecimento. Depois da fase de aquecimento a 930 °C, as peças foram deformadas a quente de 5%.

Um resfriamento posterior com ar conduz a uma estrutura martensítico-bainítica. A resistência mecânica obtida depois de um tal tratamento é superior a 750 MPa. Em seguida, os revestimentos foram caracterizados sob a forma de ligas pelas técnicas a seguir:

- Cortes micrográficos permitiram apreciar a compactação dos revestimentos, assim como a presença de uma formação eventual de fendas daques no seio da chapa de base em certas zonas deformadas a quente.

- Uma observação visual assim como medidas efetuadas com um rugosímetros permitiram avaliar quantitativamente o parâmetro de rugosidade de Ra e avaliar a formação de rachaduras dos revestimentos depois do tratamento térmico e da deformação, assim como a resistência ao desgaste dos equipamentos.

- Observações em microscopia eletrônica de varredura em contraste de fases permitiram identificar as fases presentes nos revestimentos.

Os resultados destas observações são os seguintes:

- Nas condições de acordo com a invenção, o revestimento formado por formação de liga é constituído de fases Fe-Zn ricas em ferro, cujo teor ponderal de ferro é superior ou igual a 65% e cuja proporção de Fe/Zn está compreendida entre 1,9 e 4, em mais de 90% de sua espessura. A microfotografia da figura 3, obtida no microscópio eletrônico de varredura ilustra um exemplo de acordo com a invenção: o revestimento sob a forma de liga é constituído na grande maioria de sua espessura de duas fases: uma fase muito clara de composição média: 70% de Fe - 27% de Zn - 1% de Al - 0,4% de Si e uma fase com o aspecto cinzento claro que compreende 76% de Fe - 22% de Zn - 1% de Al - 0,5% de Si. Observa-se a presença de manganês em menores quantidades. A presença do silício e do manganês, assim naturalmente como a do ferro, testemunha da difusão do metal de base

para o pré-revestimento durante o tratamento de formação de liga - austeni-
zação. Algumas raras porosidades residuais (zonas escuras) estão igual-
mente presentes. Na superfície extrema da amostra, observa-se a presença
de um mais alto teor de zinco, o que reforça a proteção contra a corrosão.

5 - Quando o teor de alumínio for inferior a 0,5% no pré-
revestimento, a compactação do revestimento sob a forma de liga formada é
mediocre, esta apresentando numerosas porosidades mais ou menos de-
senvolvidas. Nestas condições, percebe-se igualmente a presença de uma
rede de formação de rachaduras superficiais muito acentuada. A figura 2
10 apresenta um exemplo de uma tal formação de rachaduras para um teor de
alumínio de 0,1% , ou seja, fora das condições da invenção.

- Quando o teor de alumínio for superior a 2,5% no pré-
revestimento, a rugosidade aumenta de maneira importante, passando de
Ra = 1,3 microns, a Ra = 3 microns.

15 - Quando o teor de alumínio do pré-revestimento à base de zin-
co estiver compreendido entre 0,5 e 2,5%, o revestimento apresenta uma
combinação muito boa de compactação, de baixa rugosidade e de ausência
de formação de rachaduras. Observa-se igualmente que não se produz mais
o fenômeno de formação de entalhes no revestimento no aço de base por
20 ocasião da deformação a quente, mesmo nas zonas de concavidade acen-
tuada. Além disso, quando o teor de alumínio for superior a 0,7% e preferen-
cialmente a 0,8%, a resistência ao aparecimento da formação de rachaduras
está em seu nível mais elevado; assim, a invenção permite a fabricação de
peças revestidas com altas características, o revestimento metálico apresen-
25 tando uma combinação particularmente favorável de compactação, de baixa
rugosidade e de ausência de formação de rachaduras, assim como de resis-
tência à formação de entalhes. De acordo com a composição de aço, em
particular do seu teor de carbono assim como de manganês, cromo e boro, a
resistência máxima das peças pode ser adaptada à utilização visada.

30 Estas peças serão utilizadas com proveito para a fabricação de
peças de segurança e, especialmente, de peças antiintrusão ou de subestru-
tura, de barras de reforço, de suporte do meio, para a construção de veícu-

los automotores.

REIVINDICAÇÕES

1. Peça de aço revestida de um composto constituído, sobre mais de 90% de sua espessura, de pelo menos uma fase à base de Fe-Zn cujo teor ponderal de ferro é superior ou igual a 65% e cuja proporção de Fe/Zn está compreendida entre 1,9 e 4, o dito composto sendo formado por pelo menos um tratamento térmico de formação de liga entre o dito aço e um pré-revestimento, o dito pré-revestimento sendo uma liga à base de zinco que compreende, os teores sendo expressos em peso, entre 0,7 e 2,5% de alumínio e, a título opcional, um ou diversos elementos escolhidos entre:
- 10 $Pb \leq 0,003\%$
 $Sb \leq 0,003\%$
 $Bi \leq 0,003\%$
 $0,002\% < Si < 0,070\%$
 $La < 0,05\%$
- 15 $Ce < 0,05\%$,
o restante sendo constituído de zinco e das impurezas inevitáveis.
2. Peça de aço de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o dito pré-revestimento é uma liga cujo teor de alumínio é superior a 0,7% e inferior ou igual a 0,8% em peso.
- 20 3. Peça de aço de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o dito pré-revestimento é uma liga cujo teor de alumínio é superior a 0,8% e inferior ou igual a 2,5% em peso.
4. Peça de aço de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de que a composição do dito aço compreende,
- 25 os teores sendo expressos em peso:
- $0,15\% \leq C \leq 0,5\%$
 $0,5\% \leq Mn \leq 3\%$
 $0,1\% \leq Si \leq 0,5\%$
 $0,01\% \leq Cr \leq 1\%$
- 30 $Ti \leq 0,2\%$
 $Al \leq 0,1\%$
 $S \leq 0,05\%$

$$P \leq 0,1\%$$

$$0,0005\% \leq B \leq 0,010\%,$$

- o restante da composição sendo constituído de ferro e de impurezas inevitáveis resultantes da elaboração.

- 5 5. Peça de aço de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que a composição do dito aço compreende, os teores sendo expressos em peso:

$$0,15\% \leq C \leq 0,25\%$$

$$0,8\% \leq Mn \leq 1,5\%$$

10 $0,1\% \leq Si \leq 0,35\%$

$$0,01\% \leq Cr \leq 0,3\%$$

$$Ti \leq 0,1\%$$

$$Al \leq 0,1\%$$

$$S \leq 0,05\%$$

15 $P \leq 0,1\%$

$$0,002\% \leq B \leq 0,005\%,$$

o restante da composição sendo constituído de ferro e de impurezas inevitáveis resultantes da elaboração.

- 20 6. Processo de fabricação de uma peça de aço revestida que compreende as etapas segundo as quais:

- fornece-se uma chapa de aço laminada a quente ou laminada a frio,
 - efetua-se um pré-revestimento metálico da dita chapa com uma liga à base de zinco que compreende, os teores sendo expressos em peso, entre 0,7 e 2,5% de alumínio e, opcionalmente, um ou diversos elementos escolhidos entre:

25

$$Pb \leq 0,003\%$$

$$Sb \leq 0,003\%$$

$$Bi \leq 0,003\%$$

$$0,002\% \leq Si \leq 0,070\%$$

30 $La \leq 0,05\%$

$$Ce \leq 0,05\%,$$

o restante sendo constituído de zinco e das impurezas inevitáveis,

- efetua-se opcionalmente um pré-tratamento térmico,
- recorta-se a dita chapa para obter uma peça,
- aquece-se a dita peça de maneira a formar, por obtenção de liga entre o dito aço e o dito pré-revestimento, um revestimento sob a forma de liga constituído, sobre mais de 90% de sua espessura, de pelo menos uma fase à base de Fe-Zn cujo teor ponderal de ferro é superior ou igual a 65% e cuja proporção de Fe/Zn está compreendida entre 1,9 e 4 e de maneira a conferir uma estrutura parcialmente ou totalmente austenítica ao dito aço,
- deforma-se a dita peça a quente,
- resfria-se a dita peça em condições apropriadas a conferir as características mecânicas visadas para a dita peça de aço.

7. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que o dito pré-revestimento é uma liga cujo teor de alumínio é superior a 0,7% e inferior ou igual a 0,8% em peso.

8. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que o dito pré-revestimento é uma liga cujo teor de alumínio é superior a 0,8% e inferior ou igual a 2,5% em peso.

9. Processo de fabricação de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 8, caracterizado pelo fato de que se fornece uma chapa de aço laminada a quente ou laminada a frio, cuja composição compreende, os teores sendo expressos em peso:

$$0,15\% \leq C \leq 0,5\%$$

$$0,5\% \leq Mn \leq 3\%$$

$$0,1\% \leq Si \leq 0,5\%$$

$$0,01\% \leq Cr \leq 1\%$$

$$Ti \leq 0,2\%$$

$$Al \leq 0,1\%$$

$$S \leq 0,05\%$$

$$P \leq 0,1\%$$

$$0,0005\% \leq B \leq 0,010\%,$$

- o restante da composição sendo constituído de ferro e de impurezas inevitáveis resultantes da elaboração.

10. Processo de fabricação de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que se fornece uma chapa de aço laminada a quente ou laminada a frio, cuja composição compreende, os teores sendo expressos em peso:

- 5 $0,15\% \leq C \leq 0,25\%$
 $0,8\% \leq Mn \leq 1,5\%$
 $0,1\% \leq Si \leq 0,35\%$
 $0,01\% \leq Cr \leq 0,3\%$
 $Ti \leq 0,1\%$
 10 $Al \leq 0,1\%$
 $S \leq 0,05\%$
 $P \leq 0,1\%$
 $0,002\% \leq B \leq 0,005\%$,

15 - o restante da composição sendo constituído de ferro e de impurezas inevitáveis resultantes da elaboração.

11. Processo de fabricação de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 10, caracterizado pelo fato de que o dito pré-tratamento térmico envolve um aquecimento que vai a uma temperatura entre 450 °C até 520 °C durante um período de tempo que vai de 2 a 10 minutos.

20 12. Processo de fabricação de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 11, caracterizado pelo fato de que se efetua o dito aquecimento para realizar a dita formação de liga e para conferir uma estrutura parcialmente ou totalmente austenítica ao dito aço a uma temperatura compreendida entre Ac1 e Ac3+100 °C, o período de duração de manutenção à dita temperatura sendo superior ou igual a 20 segundos.

25 13. Utilização de uma peça como definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 5, ou fabricada por um processo como definido em qualquer uma das reivindicações 6 a 12, para a fabricação de peças de estruturas ou de segurança para veículo automotivo terrestre a motor.

RESUMO

Patente de Invenção: "PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UMA PEÇA COM CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS MUITO BOAS PARTINDO DE UMA CHAPA LAMINADA E REVESTIDA".

- 5 A invenção refere-se a uma peça de aço revestido de um composto constituído, sobre mais de 90% de sua espessura, de pelo menos uma fase à base de Fe-Zn cujo teor ponderal de ferro é superior ou igual a 65% e cuja proporção de Fe/Zn está compreendida entre 1, 9 e 4, o dito composto sendo formado por pelo menos um tratamento térmico de formação de liga
- 10 entre o dito aço e um pré-revestimento, o dito pré-revestimento sendo constituído de uma liga de zinco que compreende, os teores sendo expressos em peso, entre 0,5 e 2,5% de alumínio e, a título opcional, um ou diversos elementos escolhidos entre: $Pb \leq 0,003\%$, $Sb \leq 0,003\%$, $Bi \leq 0,003\%$, $0,002\% \leq Si \leq 0,070\%$, $La < 0,05\%$, $Ce < 0,05\%$, o restante sendo constituído de zinco
- 15 e das impurezas inevitáveis.