



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

(11) PI 1016179-1 B1



(22) Data do Depósito: 22/04/2010

(45) Data de Concessão: 07/04/2020

(54) Título: PRODUTO DE AÇO PLANO E PROCESSO PARA GALVANIZAÇÃO A QUENTE DE UM PRODUTO PLANO DE AÇO

(51) Int.Cl.: C23C 2/02; C23C 2/06.

(30) Prioridade Unionista: 23/04/2009 DE 10 2009 018 577.1.

(73) Titular(es): THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG.

(72) Inventor(es): MANFRED MEURER; MARTIN NORDEN; WILHELM WARNECKE; MARC BLUMENAU; MATTHIAS DAHLEM; JENNIFER SCHULZ; KLAUS JOSEF PETERS.

(86) Pedido PCT: PCT EP2010055334 de 22/04/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/122097 de 28/10/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 21/10/2011

(57) Resumo: PRODUTO DE AÇO PLANO E PROCESSO PARA GALVANIZAÇÃO A QUENTE DE UM PRODUTO PLANO DE AÇO. A presente invenção refere-se a um processo com o qual produtos plano de aço contendo 2 a 35% em peso de Mn podem receber um revestimento de Zn de boa aderência. Para tanto, o processo prevê de acordo com a invenção que o respectivo plano de aço seja recozido a uma temperatura de recozimento T_g de 600 a 1100°C por uma duração de recozimento de 10 a 240 s atuante em sentido redutor em relação a FeO existente no produto de aço plano e sendo este recozimento realizado sobre o Mn contido no substrato de aço de ação oxidante, que contém 0,01 a 85% em volume de H₂, H₂O e com o resto N₂, bem como impurezas inevitáveis do processo técnico, apresentando um ponto de orvalho entre -70 °C e +60 °C, sendo que para a relação H₂O/H₂ da atmosfera se aplica: . Deste modo surge no produto de aço plano uma camada de óxido mista Mn de encobrimento ao menos por segmentos. Em seguida, o produto plano recozido de aço será arrefecido para uma temperatura de ingresso no banho com a qual, em seguida, dentro de um tempo de (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PRODUTO DE AÇO PLANO E PROCESSO PARA GALVANIZAÇÃO A QUENTE DE UM PRODUTO PLANO DE AÇO"**.

[001] A presente invenção refere-se a um processo para a galvanização a quente de um produto achatado de aço, contendo 2 a 35% em peso de Mn com zinco ou com uma liga de zinco bem como um produto de aço plano que possui um revestimento de zinco ou liga de zinco.

[002] Na moderna construção de automóveis de modo cada vez mais acentuado se recorre a aços altamente resistentes e resistentes em nível máximo. Elementos de ligas típicas são: manganês, cromo, silício, alumínio e outros, os quais no tratamento de recozimento convencional de recristalização formam óxidos estáveis não redutíveis na superfície. Estes óxidos podem prejudicar a umectação reativa com uma fusão de zinco.

[003] Aços com elevado teor de manganês se adaptam, baseado de sua combinação de propriedades vantajosas de elevadas resistências de até 1400 MPa por um lado e dilatações extremamente elevadas (dilatações de medidas idênticas até 70% e dilatações de ruptura até 90%) por outro lado adaptando-se basicamente em medida especial para o uso no campo da construção de veículos automotores, especialmente na indústria automobilística. Para esta finalidade de emprego, aços especialmente adequados com elevado teor de Mn de 6% em peso até 30% em peso são, por exemplo, conhecidos do documento DE 102 59 230 A1, DE 197 27 759 C2 ou no DE 199 00 199 A1. Produtos achatados, produzidos desses aços conhecidos, com elevadas resistências apresentam um comportamento de deformação isotrópico e, além disso, também ainda são dúcteis a baixas temperaturas.

[004] Contrário a estas vantagens, todavia, ocorre que os aços

com elevado teor de manganês apresentam uma tendência a corrosão por pontos e a sua passivação é apenas muito difícil. Esta grande tendência à formação da corrosão localizada, embora limitada, porém, intensa, em comparação com aços de liga mais baixa, sendo que essa inclinação apresenta-se precisamente na atuação de concentrações mais intensas de íons de cloreto, tornando difícil o seu emprego de aços que fazem parte do grupo de chapas de aço pertencente ao grupo de materiais de liga elevada precisamente na construção de veículos. Além disso, os aços com elevado teor de manganês apresentam uma tendência à corrosão de superfície, com o que o espectro do seu emprego também é restrito.

[005] Portanto, foi proposto prover também produtos planos de aço, produzidos de aço contendo elevado teor de manganês, de modo conhecido com um revestimento metálico que protege o aço contra ataque corrosivo. Ensaaios práticos, no sentido de tratar cintas de aço com elevado teor de manganês em um processo de galvanização a quente que pode ser realizada a custo vantajoso, prevendo a aplicação de uma camada protetora metálica, sendo que como resultado, além de problemas básicos na umectação com a fusão de Zn, especialmente no tocante à aderência exigida na deformação a frio de parte do revestimento no substrato de aço, tendo sido obtidos resultados insatisfatórios.

[006] Como razão para estas deficientes propriedades de aderência foi verificado tratar-se da intensa camada de óxido a qual se apresenta no processo de recozimento indispensável para o revestimento no processo de galvanização a quente.

[007] As possibilidades conhecidas no campo de aços com liga elevada, porém com teores reduzidos de Mn, no sentido de aperfeiçoar a umectabilidade pela aplicação de uma camada intermediária de Fe ou de Mn, nas chapas de aço com ao menos 6% em peso de man-

ganês não trouxeram o êxito desejado.

[008] No documento DE 10 2005 008 410 B3 foi proposto aplicar em uma cinta de aço contendo de 6 a 30% em peso de Mn antes do último recozimento que precede o revestimento de galvanização a quente, aplicando uma camada de alumínio. O alumínio que adere na cinta de aço evita no recozimento da cinta de aço que precede o revestimento da fusão, resultando na oxidação de sua superfície. Em seguida, a camada de alumínio, a semelhança de um aderente, resulta em que o revestimento produzido com a fusão também adere firmemente e em toda a extensão na cinta de aço quando a própria cinta de aço, baseado na sua liga, oferece para tanto condições prévias desvantajosas. Para tanto, no processo conhecido será aproveitado o efeito de que no processo da galvanização a quente que exige o tratamento por recozimento precedente, se verifica uma difusão do ferro da cinta de aço na camada de alumínio. No decorrer do recozimento forma-se assim na cinta de aço uma camada metálica, essencialmente consistindo de Al e Fe, que está unido com fecho de material com a base produzida pela cinta de aço.

[009] Um outro processo para revestir uma cinta de aço com elevado teor de manganês, 0,35 - 1,05% em peso, 16 - 25% em Mn, bem como impurezas inevitáveis, passou a ser conhecida do documento WO 2006/042931 A1. Conforme este processo conhecido, a cinta de aço assim produzida será inicialmente laminada a frio e em seguida, com ação de recristalização, será recozida em uma atmosfera que apresenta comportamento redutor em relação ao ferro. No caso, os parâmetros do recozimento são selecionados de tal maneira que nas duas faces da cinta de aço forma-se uma camada intermediária que essencialmente consiste completamente de óxido amorfo (Fe-Mn) formando-se basicamente uma camada externa constituída de óxido-Mn cristalino, sendo que a espessura das duas camadas é no mínimo de

0,5 μm . O revestimento por galvanização a quente não mais se realiza em seguida. Ao contrário, a camada de óxido-Mn em combinação com a camada óxido (Fe-Mn) deve oferecer uma proteção suficiente contra a corrosão.

[0010] Em um princípio semelhante está baseado o processo descrito no documento WO 2006/042930 (EP 1 805 341 B1) e acordo com o qual, através de duas etapas de recozimento subsequentes, inicialmente é produzido no substrato de aço com elevado teor de Mn, uma camada de óxidos mistos de ferro-manganês e depois, sobre esta camada, é produzida uma camada externa que consiste em óxidos mistos-Mn. Em seguida, a cinta de aço, assim revestida, será conduzida para um banho de fusão. Este banho de fusão contém, além de zinco, adicionalmente alumínio em uma quantidade que é suficiente para reduzir a camada de MnO completamente e a camada de (FeMn)O ao menos parcialmente. No resultado final, deve ser logrado desta maneira uma formação de camadas na qual três camadas de FeMnZn e uma camada Zn externa podem ser identificadas.

[0011] Exames práticos revelaram que também cintas de aço previamente revestidas em um processo complexo, na prática não apresentam a aderência exigida para uma deformação a frio no substrato de aço. Além disso, o processo descrito no documento WO 2006/042930, baseado nas reações que ocorrem no banho de fusão e que na prática são difíceis de serem controladas, mostraram ser pouco seguras para a operação.

[0012] Finalmente, a partir do documento DE 10 2006 039 307 B3 ficou conhecido um processo para revestimento em banho de fusão de um substrato de aço contendo teores elevados de Mn, no qual, para produzir uma camada protetora na cinta de aço, essencialmente isenta de camadas intermediárias oxídicas, a relação de % H_2O / % H_2 do conteúdo de água % H_2O para o conteúdo de hidrogênio % H_2 da at-

atmosfera de recozimento na dependência da respectiva temperatura de recozimento T_G é regulada de tal maneira que a relação de $\% \text{H}_2\text{O} / \% \text{H}_2$ é menor ou igual a $8 \cdot 10^{-15} \cdot x T_G^{3,529}$, sendo que T designa a temperatura do recozimento. Esta abordagem tem como base o reconhecimento que através de uma regulação adequada da atmosfera do recozimento, ou seja, do seu teor de hidrogênio em relação ao seu ponto de orvalho, no recozimento apresenta-se uma qualidade de superfície da cinta de aço a ser revestida que garante uma aderência ótima do revestimento protetor metálico em seguida aplicado por revestimento no processo de galvanização a quente. A atmosfera de recozimento assim regulada age também em relação ao Ferro como também ao manganês da cinta de aço em sentido redutor. O objetivo neste caso é, no sentido de evitar a formação de uma camada de óxido, que prejudica a formação de uma aderência do revestimento da fusão no substrato de aço com elevado teor de manganês.

[0013] Exames práticos evidenciaram que de acordo com o processo conhecido e acima explicado os produtos de aço planos, apresentam um bom comportamento de umectação e uma aderência suficiente para muitos empregos do revestimento de Zn. Todavia, no caso de uma deformação de produtos de aço planos correspondentemente revestidos, deles formando componentes, resultou que no caso de graus de deformação elevados continuam a se apresentar como antes separações e formação de fissuras no revestimento.

[0014] Além disso, os processos conhecidos do estado da técnica, especialmente no emprego de elevadas temperaturas de processo, podem prejudicar de forma negativa as propriedades mecânicas do produto de aço plano. Além disso, com os processos existentes não é possível uma operação mais econômica e que possa atender às exigências ecológicas.

[0015] Diante destes fundamentos, o objeto da invenção reside em

propor um processo que permite prover teores elevados de produtos de aço plano com Mn, com um revestimento de zinco protetor contra corrosão, no qual seja assegurada uma aderência adicionalmente aprimorada do revestimento no substrato de aço. Além disso, deve ser criado um produto de aço plano no qual também em regime de elevados graus de deformação, o revestimento-Zn, formado de zinco ou de uma liga de zinco, fique aderente firmemente no substrato de aço.

[0016] Em relação ao processo propriamente dito, esta tarefa é solucionada de acordo com a invenção pelo fato de que no revestimento de galvanização a quente de um produto de aço plano com elevado teor de Mn, são cumpridos os passos de trabalho indicados na invenção.

[0017] Com relação ao produto, a tarefa precedente indicada foi, além disso, solucionada por um produto de aço plano o qual, de acordo com a invenção, possui as características indicadas na invenção.

[0018] De acordo com a invenção, para o revestimento do processo de galvanização a quente de um produto de aço plano contendo 2 - 35% de Mn, em uma sequência de processo contínuo inicialmente será disponibilizado um produto de aço plano na forma de uma cinta de aço ou de uma chapa de aço.

[0019] O procedimento de acordo com a invenção no revestimento adapta-se especialmente para cintas de aço com elevada liga a fim de garantir elevadas resistências e boas propriedades de dilatação.

[0020] Cinta de aço que permite, de acordo com a invenção, a aplicação de um revestimento protetor metálico por processo de galvanização a quente contém tipicamente: (em peso - %) C: $\leq 1,6\%$, Mn: 2 - 35%, Al: $\leq 10\%$, Ni: $\leq 10\%$, Cr: $\leq 10\%$, Si: $\leq 10\%$, Cu: $\leq 3\%$, Nb: $\leq 0,6\%$, Ti: $\leq 0,3\%$, V: $\leq 0,3\%$, P: 0,1%, B: 0,01%, Mo: $\leq 0,3\%$, N: $\leq 1,0\%$, restante ferro e impurezas inevitáveis.

[0021] Os efeitos logrados com a invenção apresentam vantagens

especiais no revestimento de cintas de aço de liga elevada e que contém teores de manganês no mínimo de 6% em peso. Assim fica evidenciado que o material básico de aço que contém (em percentual de peso) C: $\leq 1,00\%$, Mn: 20,0 - 30,0%, Al: $\leq 0,5\%$, Si: $\leq 0,5\%$, B: $\leq 0,01\%$, Ni: $\leq 3,0\%$, Cr: $\leq 10,0\%$, Cu: $\leq 3,0\%$, N: $< 0,6\%$, Nb: $< 0,3\%$, Ti: $< 0,3\%$, V: $< 0,3\%$, P: $< 0,1\%$, restante ferro e impurezas inevitáveis, permitindo o seu revestimento de modo especialmente bom sendo este revestimento protetor contra corrosão.

[0022] O mesmo se aplica quando for empregado um aço com um material básico, o qual (em percentual de peso) C: $\leq 1,00\%$, Mn: $\leq 7,00\%$ - 30,00%, Al: 1,00 - 10,00%, Si: $> 2,50$ - 8,00% (sendo que se aplica que a soma do teor de Al e do teor de Si $> 3,50$ - 12,00%), B: $< 0,01\%$, Ni: $> 8,00\%$, CU: $< 3,00\%$, N: $< 0,60\%$, Nb: $< 0,30\%$, Ti: $< 0,30\%$, V: $< 0,30\%$, P: $< 0,01\%$, restante ferro e impurezas inevitáveis que são contidas.

[0023] Como ocorre na galvanização a quente convencional, como produtos de aço plano podem ser usados para o revestimento tanto cintas de aço laminados a quente como também laminados a frio sendo feito o seu revestimento de acordo com a invenção, sendo que o processo da invenção é aprovado especialmente no trabalho de cintas de aço laminadas a frio.

[0024] Os produtos (planos assim disponibilizados serão recozidos em um passo de trabalho b). A temperatura do recozimento Tg é no caso de 600 - 1100 °C, enquanto que a duração do recozimento pela qual o produto de aço plano é mantido na temperatura do recozimento é de 10 - 240 s.

[0025] É decisivo para a invenção que se verifique um efeito redutor na temperatura de recozimento Tg acima mencionada e duração do recozimento, em relação ao óxido de ferro FeO, existente no produto de aço plano e, em relação ao manganês contido no substrato de aço,

exerça ação oxidante. Para tanto, a atmosfera do recozimento contém 0,01 - 85% de volume de H₂, H₂O e como resto N₂ bem como, impurezas inevitáveis do processo técnico e apresenta um ponto de orvalho situado entre -70 °C e +60 °C, sendo que para a relação de H₂O/H₂ se aplica a seguinte equação:

$$8 \times 10^{-15} * T_g^{3,529} < H_2O/H_2 \leq 0,957$$

[0026] De acordo com a invenção, portanto, a relação de H₂O/H₂ deve ser regulada de tal maneira que por um lado seja superior a $8 \times 10^{-15} * T_g^{3,529}$ e, por outro lado, seja no máximo igual a 0,957, sendo que Tg designa a respectiva temperatura de recozimento.

[0027] Nos empregos práticos e típicos, que visam especialmente em produzir no respectivo substrato de aço, de modo correspondendo à invenção, um revestimento de liga de zinco contendo Mg em um processo de recozimento de estágio único, sendo que o ponto de orvalho da atmosfera está situado preferencialmente na faixa de -50 °C até +60 °C. Ao mesmo tempo, a atmosfera do recozimento contém nesse caso, mais tipicamente, 0,1 - 85% em volume de H₂. Um modo de operação especialmente econômico no forno de recozer contínuo, usado de acordo com a invenção, pode ser logrado por ser o ponto de orvalho da atmosfera mantido ao redor de -20 °C até +20 °C.

[0028] No resultado, por um recozimento realizado antes do revestimento no processo de galvanização a quente é produzido no produto de aço plano uma camada de 20 - 400 Mn de espessura, uma camada de óxido de misto Mn que encobre o produto de aço plano ao menos por segmentos, sendo que no tocante a aderência do revestimento de Zn no substrato de aço é especialmente vantajosa quando a camada de óxido mista Mn encubra preferencialmente de maneira total a superfície do produto de aço plano após o recozimento. A camada de óxido misto Mn, no caso, no sentido da invenção, é definida como

MnO.Fe_{metal}. Isto é, na camada de óxido do misto Mn está presente ferro metálico e não, como ocorre no estado da técnica, ferro oxidado.

[0029] De acordo com a invenção, portanto, ao menos através de um estágio de recozimento é regulada, de forma controlada, uma camada de óxido misto Mn - sendo que o recozimento (passo de trabalho b)) é realizada em uma atmosfera redutora para FeO e oxidante para Mn.

[0030] Surpreendentemente, ficou evidenciado que, desta maneira, é obtido um produto de aço plano que assegura boa umectação no revestimento de galvanização a quente realizado em seguida. Da mesma maneira, a camada de óxidos mistos Mn produzida no substrato de aço de acordo com a invenção, produz uma base para aderência na qual a camada de zinco sequencialmente aplicada apresenta, de modo surpreendente, uma aderência especialmente firme. Contrário ao estado da técnica descrita no documento WO 2006/042930, a camada de óxido misto Mn, durante a galvanização a quente continua amplamente preservada, de maneira que garante também no produto pronto a coesão permanente do revestimento de Zn e substrato de aço.

[0031] Após o passo de recozimento acima explicado, o produto de aço plano recozido será arrefecido para uma temperatura de ingresso no banho com a qual penetra no referido banho de fusão de Zn e tipicamente a temperatura de ingresso do produto achatado de aço está situada na faixa de 310 - 710 °C.

[0032] Em seguida, o produto de aço plano resfriado para a temperatura de ingresso no banho, será conduzido dentro de um tempo de imersão de 0,1 - 10 segundos especialmente 0,1 - 5 s, por um banho de fusão de Zn quente entre 420 - 520 °C, saturado de ferro, que além do componente principal contém zinco e impurezas inevitáveis 0,05 - 8% em peso Al e/ou até 8% em peso Mg, especialmente 0,05 - 5%

em peso Al e/ou a 5% em peso de Mg. Adicionalmente, podem estar presentes no banho de fusão opcionalmente Si < 2%, Pb < 0,1%, Ti < 0,2%, Ni < 1%, Cu < 1%, Co < 0,3%, Mn < 0,5%, Cr < 0,2%, Sr < 0,5%, Fe < 3%, B < 0,1%, Bi < 0,1%, Cd < 0,1%, a fim de uma maneira já conhecida ajustar determinadas especificidades do revestimento.

[0033] O revestimento protetor Zn assim obtido e que protege contra corrosão o produto de aço plano tratado na galvanização a quente, será, em seguida, arrefecido, sendo que antes do arrefecimento, de forma já conhecida, pode ser ajustada a espessura do revestimento.

[0034] O revestimento de Zn de acordo com a invenção contém necessariamente teores de Al de 0,05 - 8% em peso e pode apresentar adicionalmente teores de até 8% em peso de Mg, sendo que o limite superior do teor dos dois elementos, na prática, está tipicamente restrito ao máximo de 5% em peso.

[0035] Um produto de aço plano de acordo com a invenção com um teor de Mn de 2 - 35% em peso e um revestimento protetor de Zn anticorrosivo, é correspondentemente caracterizado pelo fato de que o revestimento protetor Zn no produto de aço plano apresenta uma camada de óxido misto Mn essencialmente de cobertura e aderente, bem como apresenta uma camada de Zn que protege o produto de aço plano e a camada de óxido misto Mn nela aderente contra o meio ambiente.

[0036] Uma aderência especialmente boa da camada de zinco no substrato de aço resulta quando o revestimento protetor Zn apresentar uma camada de $\text{Fe(Mn)}_2\text{Al}_5$ disposta entre a camada de óxido misto Mn e a camada de Zn. Esta camada surge quando estiver presente no banho de fusão uma quantidade suficiente de alumínio de 0,05 - 5% em peso. A camada de $\text{Fe(Mn)}_2\text{Al}_5$ forma no caso uma camada de bloqueio pela qual a redução da camada de óxido misto Mn na galvanização a quente é evitada com segurança. Na dependência do teor

de Al, situado especialmente entre 0,05 - 0,15% em peso, pode-se transformar uma camada de bloqueio em fases FeZn, sendo que a camada de óxido Mn mesmo assim é preservada.

[0037] A camada MnO e a camada $\text{Fe(Mn)}_2\text{Al}_5$ de um revestimento produzido de acordo com a invenção e assim constituído, representam também após a galvanização a quente de forma segura a aderência da camada de Zn externa, em regime de graus de deformação elevados, a presente aderência firme no substrato de aço.

[0038] Não obstante, a presença, de acordo com a invenção, de uma camada de óxido misto Mn na superfície do substrato de aço será não somente positiva quando se formar adicionalmente a camada de $\text{Fe(Mn)}_2\text{Al}_5$, mas também quando estiver presente no banho de fusão magnésio de forma alternativa ou complementar ao alumínio, em teores eficazes. Também na produção de uma camada de revestimento de ZnMg no substrato de aço, a camada MnO produzida de acordo com a invenção oferece uma umectação especialmente boa e uniforme do produto de aço plano, com simultânea aderência otimizada e risco minimizado de uma formação de fissuras ou de reparação repentina também em graus de deformação elevados.

[0039] Uma conformação especialmente conforme a prática da invenção resulta neste sentido quando Al e Mg nos limites indicados estiverem simultaneamente presentes no banho de fusão, aplicando-se para a relação do teor de Al um percentual Al e do teor de Mg um percentual de Mg: $\% \text{Al} / \% \text{Mg} < 1$. Nesta modalidade da invenção, portanto, o teor de Al do banho de fusão sempre é menor do que o seu teor de Mg. Isto apresenta vantagem de que a formação da camada limítrofe que é visada de acordo com a invenção, também resulta sem uma sequência ao passo de recozimento no contexto do processo da presente invenção, resultando em um aumento do ferro metálico na camada do óxido misto. No caso, o magnésio se destaca por um po-

tencial redutor mais elevado em MnO do que alumínio. Por isso, na presença de teores mais elevados de Mg na camada de fusão se verifica uma dissolução forçosa da estrutura MnO da camada de óxido misto. Como o óxido misto é de dissolução mais forte, efetivamente estará disponibilizado volume maior de ferro metálico " Fe_{metal} " a partir da "profundidade" da camada de óxido misto no setor da reação constituído por camada oxida mista/banho de zinco, de maneira que a camada limítrofe de cobertura $\text{Fe}(\text{Mn})_2\text{Al}_5$ pode ser conformada de modo especialmente eficaz como aderente. De modo correspondente, a redução de MnO, por magnésio dissolvido in-situ contribui com eficácia especialmente elevada para uma aderência especialmente boa, visada conforme a invenção, do revestimento de Zn assegurado pela formação de camada limítrofe.

[0040] O passo de recozimento (passo de trabalho b)), realizado com a galvanização a quente no contexto do processo da invenção, pode ser realizado em um ou vários estágios. No caso de o recozimento ser realizado em estágio único, na dependência do ponto de orvalho são possíveis diferentes teores de hidrogênio na atmosfera de recozimento. Caso o ponto de orvalho esteja situado na faixa de $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ até $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, a atmosfera de recozimento pode conter no mínimo 0,01 em volume de H_2 , porém menos do que 3% em volume de H_2 . Se, ao contrário, for regulado um ponto de orvalho mínimo de $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até inclusive $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, o teor de hidrogênio deverá estar situado na faixa de 3% até 85%, a fim de que a atmosfera exerça uma ação redutora para o ferro. Levando-se em conta os parâmetros a serem seguidos durante a realização do passo de recozimento de acordo com a invenção, desta maneira, a ação redutora será alcançada com segurança com relação ao FeO eventualmente existente e o efeito oxidante com relação ao Mn existente no substrato de aço.

[0041] Caso, por outro lado, o produto de aço plano esteja desti-

nado a ser recozido em dois estágios antes do ingresso no banho de fusão, então a etapa de recozimento realizada de acordo com a invenção poderá ser precedida por um passo de recozimento adicional, no qual o produto de aço plano é mantido a uma temperatura de recozimento de 200 - 1100 °C por uma duração de recozimento de 0,01 - 60 s, em uma atmosfera oxidativa tanto para Fe como também para Mn, a qual contém 0,0001 - 5% em volume de H₂ bem como opcionalmente 200 - 5500 volume - PPM O₂, possuindo um ponto de orvalho situado na faixa de -60 °C até +60 °C. Em seguida, será realizado o passo de recozimento de acordo com a invenção a um ponto de orvalho na faixa de -70 °C até +20 °C em uma atmosfera contendo 0,01 - 85% de hidrogênio, levando-se em conta os outros parâmetros a serem considerados durante a realização do passo do recozimento de acordo com a invenção, antes de o produto de aço plano ser conduzido ao banho de fusão.

[0042] Propriedades de aderência ótimas do revestimento de Zn serão logradas em um revestimento produzido de acordo com a invenção, quando a espessura da camada de óxido misto Mn, obtida após o recozimento (passo de trabalho b)), for de 40 - 400 Mn, especialmente até 200 Mn.

[0043] Também contribui para otimizar o comportamento de deformação de um produto de aço plano produzido de acordo com a invenção, quando o produto de aço plano provido com a camada de óxido misto Mn, antes de ingressar no banho de fusão for submetido a um tratamento de envelhecimento.

[0044] Em seguida, a invenção será explicada mais detalhadamente com base em exemplos de execução. As figuras mostram:

[0045] Figura 1 - um produto de aço plano provido de um revestimento contendo Al-Zn em corte esquemático.

[0046] Figura 2 - uma lâmina oblíqua de um ensaio de um produto

de aço chato provido com o revestimento Zn.

[0047] Figura 3 - um produto de aço plano provido de um revestimento de ZnMg em corte esquemático.

[0048] Figura 4 - uma lâmina oblíqua de um exame de um produto de aço plano provido de um revestimento ZnMg.

[0049] A partir de um aço com elevado teor de manganês com a composição indicada na Tabela 1, de modo conhecido foi produzida uma cinta de aço laminada a frio.

Tabela 1

C	Mn	P	Si	V	Al	Cr	Ti	Nb
0,634	22,2	0,02	0,18	0,2	0,01	0,08	0,001	0,001

[0050] Restante ferro e impurezas inevitáveis, indicações em percentual de peso

[0051] Um primeiro ensaio da cinta de aço laminada a frio foi depois recozida em um processo de recozimento realizado em estágio único.

[0052] Para tanto, o ensaio da cinta de aço é aquecido com uma taxa de aquecimento de 10 K/s para uma temperatura de recozimento Tg de 800 °C na qual o ensaio depois foi mantido durante 30 segundos. O recozimento foi produzido, no caso, em uma atmosfera de recozimento que consistiu de até 5% em volume de H₂ até 95% de N₂ e cujo ponto de orvalho estava situado ao redor de +25 °C. Em seguida, a cinta de aço recozida foi arrefecida com uma taxa de arrefecimento de 20 K/s para uma temperatura de ingresso no banho de 480 °C, na qual foi inicialmente, durante 20 segundos, submetido a um tratamento de envelhecimento. O tratamento de envelhecimento se verificou sob a atmosfera de recozimento inalterada. Sem abandonar a atmosfera de recozimento, em seguida a cinta de aço foi conduzida para um banho de fusão quente de 460 °C, saturado de Fe, o qual, além de Zn, continha impurezas inevitáveis e Fe adicionalmente na base de 0,23% em

peso de Al. Após um tempo de imersão de 2 segundos, a cinta de aço, agora já revestida no processo de galvanização a quente, será removida do banho de fusão e arrefecida para temperatura ambiente.

[0053] Em um segundo ensaio da cinta de aço laminada a frio de acordo com a Tabela 1, foi recozida em uma sequência processual também contínua, sendo este recozimento feito em um processo de dois estágios, e em seguida, foi sujeita ao processo da galvanização a quente.

[0054] Para tanto, a cinta de aço é aquecida inicialmente com uma taxa de aquecimento de 10 K/s para 600 °C e nesta temperatura de recozimento foi mantida durante 10 segundos. A atmosfera de recozimento continha no caso 2.000 ppm O₂ e com o resto N₂. O seu ponto de orvalho estava situado em -30 °C.

[0055] Em sequência imediata, a cinta de aço, em um segundo passo de recozimento, foi regulada para uma temperatura de recozimento T_g de 800 °C, tendo sido aquecida, sendo mantida durante 30 segundos em uma atmosfera de recozimento contendo 5% em volume de H₂, resto N₂, atmosfera esta cujo ponto de orvalho estava situado em -30 °C. Em seguida, a cinta de aço conforme antes, sob a temperatura de recozimento, com uma temperatura de arrefecimento de +/- 20 K/s, será resfriado para 480 °C e durante 20 segundos foi submetida a um tratamento de envelhecimento. Em consequência, a cinta de aço foi conduzida para um banho de fusão com uma temperatura de ingresso no banho de 480 °C, tendo este banho apresentado 460 °C de calor e sendo saturado em Fe, e contendo também 0,023% em peso de Al bem como outros elementos de traços de impurezas ineficazes contendo como resto zinco. Após um tempo de imersão de 2 segundos, o produto de aço plano já pronto e revestido no processo de galvanização a quente é afastado do banho de fusão, tendo sido arrefecido para temperatura ambiente.

[0056] A figura 1 apresenta esquematicamente a estruturação do revestimento Z desta maneira obtido no substrato de aço S. Assim sendo, no substrato de aço S se encontra uma camada de óxido misto - manganês Mn_yO_x ($M = MnO.Fe$) sobre a qual se formou uma camada intermediária $Fe(Mn)_2Al_5$ ($F = MnO.Fe(Mn)_2Al_5$) ou no caso de teores de Al no máximo de 0,15% em peso no banho de fusão, tendo sido formada uma camada de $FeMnZn$ a qual, novamente, em relação ao ambiente, está blindada por uma camada de $Zn(\eta\text{-Fase})$. A espessura da camada de óxido misto Mn é no caso de 20-400 nm, enquanto que a espessura da camada intermediária de $Fe(Mn)_2Al_5$ é de F 10 - 200 nm. A espessura global das camadas de revestimento M e F é correspondentemente 20 - 600 nm. A camada de zinco Zn por sua vez é nitidamente mais grossa com 3 - 20 μm .

[0057] A figura 2 apresenta uma lâmina oblíqua de um ensaio que foi produzido de acordo com a forma acima descrita. Podem ser reconhecidos nitidamente o substrato de aço S, bem como a camada de óxido misto Mn_yO_x manganês com ferro metálico integrado, aplicada na camada de óxido misto M $Fe(Mn)_2Al_5$, ou seja, a camada intermediária F, bem como a camada Zn aplicada sobre a camada intermediária F.

[0058] Para examinar o êxito do processo empregado de acordo com a invenção, foram realizados 20 ensaios adicionais 1 - 20, além de Zn, o banho da fusão também continha impurezas inevitáveis de 0,23% em peso Al. Nos ensaios assim obtidos foi examinado o grau de umectação e a aderência de Zinco tendo sido feito este exame de forma visual. Com o princípio de exame, foi realizado o ensaio de reação por choque de acordo com a SEP 1931. Os parâmetros de exame e os resultados destes ensaios estão indicados na tabela 2.

[0059] Além disso, foram realizados mais dezesseis ensaios 21 - 36, nos quais o banho de fusão, além do Zn, e impurezas inevitáveis

estavam presentes na base de 0,11% em peso de Al. Em relação ao ensaio acima explicado, com a camada bloqueante confirmada como camada $\text{Fe(Mn)}_2\text{Al}_5$, neste teor menor de Al do banho de fusão apresentou-se uma camada bloqueante FeMnZn. Nos ensaios assim obtidos também foram examinados o grau de umectação e a aderência de zinco. Os parâmetros do ensaio e os resultados desses ensaios são indicados na tabela 3.

[0060] Baseado nos demais ensaios da cinta de aço composta e laminada a frio, com elevado teor de manganês, foi examinada a influência do ponto de orvalho da respectiva atmosfera de recozimento em relação ao resultado do revestimento. Os ensaios foram submetidos a um processo de recozimento, no qual também foram aquecidos com uma taxa de aquecimento de 10 K/s para uma temperatura de recozimento T_g de 800 °C. Nesta temperatura de recozimento, o ensaio depois foi mantido durante 60 segundos. O recozimento se verificou sempre em um regime de atmosfera de recozimento que consistiu em 5% em volume de H_2 e 95% de N_2 , sendo que o respectivo ponto de orvalho da atmosfera de recozimento foi variado entre -55 °C e +45 °C.

[0061] Após o tratamento a quente, a cinta de aço recozida, como na série de ensaios acima descritos, foi arrefecida com uma taxa de arrefecimento de 20 K/s para uma temperatura de ingresso no banho de 480 °C, na qual foi inicialmente submetido durante 20 segundos a um tratamento de envelhecimento. O tratamento de envelhecimento se verifica, no caso, sob o regime da atmosfera de recozimento inalterada. Sem abandonar a atmosfera de recozimento, em seguida, a cinta de aço foi conduzida para um banho de fusão de zinco, saturado em Fe e de 460 °C, banho este, que além de Zn, continha também impurezas inevitáveis e Fe adicionalmente em combinação na base de 0,4% em peso de Al e 1,0% de peso em Mg ou isoladamente 0,14%

em peso, 0,17% em peso ou 0,23% em peso de Al. Após um tempo de imersão de dois segundos, a cinta de aço agora revestida no processo de galvanização a quente foi afastada do banho de fusão tendo sido arrefecida para temperatura ambiente.

[0062] A figura 3 apresenta esquematicamente a estruturação do revestimento de ZnMg Z' obtido desta maneira no substrato de aço S'. Assim sendo, está aplicado no substrato de aço S' uma camada de óxido misto M' Mn_yO_x manganês (M = MnO.Fe) na qual se formou uma camada intermediária F $Fe(Mn)_2Al_5$ (F = MnO. $Fe(Mn)_2Al_5$) ou no caso de teores de Al máximos de 0,15% em peso no banho de fusão tendo sido formada uma camada de FeMnZn, a qual, também é blindada em relação ao ambiente, por uma camada de ZnMg. A espessura da camada de óxido misto MnM' é de 20 - 400 nm enquanto que a espessura da camada intermediária F' $Fe(Mn)_2Al_5$ é de 10 - 200 nm. A espessura total das camadas de revestimento M' e F' será de modo correspondente de 20 - 600 nm. A camada de zinco ZnMg por sua vez é nitidamente mais grossa com 3 - 20 μm .

[0063] A figura 4 apresenta uma lâmina oblíqua de um ensaio produzido de acordo com o modo acima descrito. São nítidos os substratos de S', bem como a camada sobreposta de óxido misto-manganês M' Mn_yO_x com ferro metálico integrado podendo se reconhecer também a camada intermediária F' $Fe(Mn)_2Al_5$ aplicada na camada de óxido misto M, bem como se pode reconhecer também a camada de ZnMg disposta sobre a camada intermediária F'.

[0064] Além da variação dos pontos de orvalho da atmosfera de recozimento já mencionada, nos vinte e um ensaios de 37 a 57, realizados para testar o êxito do processo de acordo com a invenção, foram variados os teores de Al e de Mg. Nos ensaios assim obtidos foi examinado visualmente o grau de umectação e a aderência de zinco, sendo o exame visual. Como princípio de exame, também aqui foi em-

pregado o ensaio por flexão de choque de acordo com a norma SEP 1931. Os parâmetros do ensaio e os resultados destes ensaios são indicados na Tabela 4.

[0065] Fica evidenciado que na presença combinada de Al e Mg e um ajuste do ponto de orvalho para faixa de -50 °C até +60 °C no processo de recozimento de estágio único, podem ser produzidos revestimentos baseados em zinco em substratos de aço com elevado teor de manganês.

[0066] Para efeito de comparação, a partir de uma cinta de aço laminada a frio, consistindo esta cinta em um aço Al-TRIP-VS1 e uma cinta de aço Si-TRIP-VS2 também laminado a frio, tendo sido obtidas três ensaios V1-V3 e V4-V6. A composição dos aços V1 e V2 é indicada na Tabela 5.

Tabela 5

	C	Mn	P	Si	V	Al	Cr	Ti	Nb
VS1	0,22	1,1	0,02	0,1	0,002	1,7	0,06	0,1	0,001
VS2	0,18	1,8	0,02	1,8	0,002	0	0,06	0,01	0,001

RESTO FERRO E IMPUREZAS INEVITÁVEIS

INDICAÇÕES EM PERCENTUAL DE PESO

[0067] Também os ensaios comparativos V1-V6 foram submetidos ao tratamento a calor na forma acima descrita para os ensaios de acordo com a invenção, antes de serem submetidos à galvanização a quente no banho de fusão. No caso, o banho de fusão continha além de Zn e impurezas inevitáveis, 0,4% em peso de Al e 1% em peso de Mg. Nos ensaios assim revestidos V1-V6 também foram examinados respectivamente o grau de umectação e aderência de zinco. Os parâmetros do ensaio e os resultados desses ensaios são mencionados na Tabela 6. Fica evidenciado que em virtude dos menores teores de manganês dos aços VS1 e VS2 não se forma uma estrutura de MnO na camada de oxidação mista na superfície do substrato de aço. Por conseguinte, também não se forma uma camada de cobertura de

Fe(Mn)_2 como aderente. Como resultado, não se produz no banho de fusão em uma redução MnO suficiente pelo magnésio dissolvido, de maneira que nos ensaios comparativos também não pôde ser obtida uma umectação suficiente e correspondentemente também não uma aderência suficiente do revestimento.

Tabela 2

Ensaio nº	1. Estágio de recozimento			2. Estágio de recozimento				Umectação de zinco	Aderência de zinco	De acordo com a invenção
	Temperatura de recozimento [°C]	Duração do recozimento [s]	O ₂ Teor [ppm]	Temperatura de recozimento [°C]	Duração do recozimento [s]	H ₂ Teor [%]	Ponto de orvalho [°C]			
1	Em estágio único			800	60	5	-50	Não	Não	Não
2				800	60	5	-30	Não	Não	Não
3				800	60	5	-15	Interferência forte	Não	Não
4				800	60	5	-5	Interferência forte	Não	Não
5				800	60	5	5	Interferência forte	Não	Não
6				800	60	5	+15	Interferência	Restrito	Não
7				800	60	5	+25	Sim	Sim	Sim
8				800	60	5	+45	Sim	Sim	Sim
9	500	10	2000	800	30	5	-30	Pontos de interferência	Sim	Sim
10	600	10	2000	800	60	5	-30	Sim	Sim	Sim
11	700	10	2000	800	30	5	-15	Pontos de interferência	Sim	Sim
12	800	10	2000	800	30	5	-15	Pontos de interferência	Sim	Sim
13	500	10	2500	800	30	5	-15	Pontos de interferência	Sim	Sim
14	600	10	2500	800	30	5	-30	Sim	Sim	Sim
15	700	10	2500	800	30	5	-30	Sim	Sim	Sim
16	800	10	2500	800	30	5	-30	Sim	Sim	Sim i
17	500	6	2500	800	30	5	-30	Pontos de interferência	Sim	Sim
18	600	6	2500	800	30	5	-30	Sim	Sim	Sim
19	700	6	2500	800	30	5	-30	Sim	Sim	Sim
20	800	6	2500	800	30	5	-30	Sim	Sim	Sim

Tabela 3

Ensaio nº	1. Estágio de recozimento			2. Estágio de recozimento				Umectação de zinco	Aderência de zinco	De acordo com a invenção
	Temperatura de recozimento [°C]	Duração do recozimento [s]	O ₂ Teor [ppm]	Temperatura de recozimento [°C]	Duração do recozimento [s]	H ₂ Teor [%]	Ponto de orvalho [°C]			
21	Em estágio único			800	60	5	-50	Não	Não	Não
22				800	60	5	-30	Não	Não	Não
23				800	60	5	-15	Interferência forte	Não	Não
24				800	60	5	-5	Interferência forte	Não	Não
25				800	60	5	5	Interferência forte	Não	Não
26				800	60	5	+15	Interferência	Restrito	Não
27				800	60	5	+25	Sim	Sim	Sim
28				800	60	5	+45	Sim	Sim	Sim
29	500	10	2000	800	30	5	-30	Pontos de interferência	Sim	Sim
30	600	10	2000	800	60	5	-30	Sim	Sim	Sim
31	700	10	2000	800	30	5	-15	Pontos de interferência	Sim	Sim
32	800	10	2000	800	30	5	-15	Pontos de interferência	Sim	Sim
33	500	10	2500	800	30	5	-15	Pontos de interferência	Sim	Sim
34	600	10	2500	800	30	5	-30	Sim	Sim	Sim
35	700	10	2500	800	30	5	-30	Sim	Sim	Sim
36	800	10	2500	800	30	5	-30	Sim	Sim	Sim i

Tabela 4

Ensaio nº	1. Estágio de recozimento				Banho de fusão		Umectação de zinco	Aderência de zinco	De acordo com a invenção
	Temperatura de recozimento [°C]	Duração do recozimento [s]	H ₂ Teor [%]	Ponto de orvalho [°C]	Mg Teor %	Al Teor %			
37	800	60	5	+5	1	0,4	Sim	Sim	Sim
38	800	60	5	+15	1	0,4	Sim	Sim	Sim
39	800	60	5	+25	1	0,4	Sim	Sim	Sim
40	800	60	5	+45	1	0,4	Sim	Sim	Sim
41	800	60	5	-50	-	0,14	Não	Não	Não
42	800	60	5	-30	-	0,14	Não	Não	Não
43	800	60	5	-15	-	0,14	Não	Não	Não
44	800	60	5	-50	-	0,17	Não	Não	Não
45	800	30	5	-30	-	0,17	Não	Não	Não
46	800	60	5	-15	-	0,17	Não	Não	Não
4	800	30	5	-50	-	0,23	Não	Não	Não
48	800	30	5	-30	-	0,23	Não	Não	Não
49	800	30	5	-15	-	0,23	Não	Não	Não
50	800	30	5	-55	1	0,9	Pontos de interferência	Não	Não
51	800	30	5	-30	1	0,9	Sim	Sim	Não
52	800	30	5	-15	1	0,9	Sim	Sim	Não
53	800	30	5	-5	1	0,9	Sim	Sim	Sim
54	800	30	5	-55	5	1	Pontos de interferência	Não	Não
55	800	30	5	-30	5	1	Sim	Sim	Sim
56	800	30	5	-15	5	1	Sim	Sim	Sim
57	800	30	5	-5	5	0,4	Sim	Sim	Sim

Tabela 6

Ensaio nº	Aço	1. Estágio de recozimento				Banho de fusão		Umectação de zinco	Aderência de zinco	De acordo com a in- venção
		Temperatura de recozimento [°C]	Duração do recozimento [s]	H ₂ Teor [%]	Ponto de orva- lho [°C]	Mg Teor %	Al Teor %			
V1	VS1	800	60	5	-50	1	0,4	Não	Não	Não
V2	VS1	800	60	5	-30	1	0,4	Não	Não	Não
V3	VS1	800	60	5	-15	1	0,4	Não	Não	Não
V4	VS2	800	60	5	-50	1	0,4	Não	Não	Não
V5	VS2	800	60	5	-30	1	0,4	Não	Não	Não
V6	VS2	800	60	5	-15	1	0,4	Não	Não	Não

REIVINDICAÇÕES

1. Produto de aço plano compreendendo um substrato de aço possuindo um teor de Mn de 2 a 35% em peso e um revestimento protetor de Zn formado por zinco ou uma liga de zinco recobrindo o produto de aço plano, caracterizado pelo fato de que o revestimento protetor de Zn compreende uma camada de óxido misto de Mn aderida do ambiente e uma camada de Zn blindando o produto de aço plano e sendo que o óxido misto de Mn é $\text{MnO.Fe}_{\text{Metal}}$.

2. Produto de aço plano de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o revestimento protetor de Zn compreende ainda uma camada de FeMn_2Al_5 disposta entre a camada de óxido misto de Mn e a camada de Zn.

3. Produto de aço plano de acordo a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o revestimento protetor de Zn compreende ainda uma camada FeMnZn , que é situada entre a camada de óxido misto de Mn e a camada de Zn.

4. Produto de aço plano de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o revestimento protetor de Zn é conformado como um revestimento de liga ZnMg .

5. Produto de aço plano de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o produto de aço plano é produzido por um método compreendendo:

a) provimento do produto de aço plano;

b) recozimento do produto de aço plano;

- a uma temperatura de recozimento T_a de 600 a 1100 °C,

- por uma duração de recozimento de 10 a 240 s sob uma

atmosfera de recozimento que possui um efeito redutor no FeO presente no produto de aço plano e um efeito oxidante no Mn contido no substrato de aço e cuja atmosfera de recozimento contém 0,01 a 85% em volume de H_2 , H_2O e como resto N_2 , bem como impurezas inevitá-

veis presentes por motivos técnicos e apresentando um ponto de orvalho situado entre -70 °C e + 60 °C, a relação de H₂O/H₂ sendo:

$$8 \cdot 10^{-15} - xT_{\alpha}^{3,529} < H_2O/H_2 \leq 0,957,$$

- assim produzindo sobre o produto de aço plano uma camada espessa de 20 a 400 nm de MnO.Fe_{Metal} que cobre o produto de aço plano pelo menos em seções;

c) arrefecimento do produto de aço plano recozido para uma temperatura de ingresso no banho;

d) transporte do produto de aço plano que foi arrefecido para a temperatura para ingresso no banho através de um banho de Zn fundido saturado de ferro e que está a uma temperatura de 420 a 520 °C, dentro de um tempo de imersão de 0,1 a 10 s, o produto de aço plano sendo revestido em processo de imersão a quente com um revestimento protetor de Zn, sendo que o banho de fusão de Zn, além do componente principal zinco e de impurezas inevitáveis contém 0,05 a 8% em peso Al e/ou até 8% em peso de Mg, e

e) arrefecimento do produto de aço plano fornecido com o revestimento de Zn que emerge a partir do banho de metal fundido.

6. Produto de aço plano de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o banho de fusão de Zn contém Si < 2%, Pb < 0,1%, Ti < 0,2%, Ni < 1%, Cu < 1%, Co < 0,3%, Mn < 0,5%, Cr < 0,2%, Sr < 0,5%, Fe < 3%, B < 0,1%, Bi < 0,1%, Cd < 0,1%.

7. Processo para galvanização a quente de um produto plano de aço, como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende:

a) provimento do produto de aço plano;

b) recozimento do produto de aço plano;

- a uma temperatura de recozimento T_a de 600 a 1100 °C,

- por uma duração de recozimento de 10 a 240 s sob uma atmosfera de recozimento que possui um efeito redutor no FeO pre-

sente no produto de aço plano e um efeito oxidante no Mn contido no substrato de aço e cuja atmosfera de recozimento contém 0,01 a 85% em volume H_2 , H_2O e como resto N_2 , bem como impurezas inevitáveis presentes por motivos técnicos e apresentando um ponto de orvalho situado entre $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, a relação de H_2O/H_2 sendo:

$$8 \cdot 10^{-15} - xT_{\alpha}^{3,529} < H_2O/H_2 \leq 0,957,$$

- assim produzindo sobre o produto de aço plano uma camada espessa de 200 a 400 nm de $MnO.Fe_{Metal}$ que cobre o produto de aço plano pelo menos em seções;

c) arrefecimento do produto de aço plano recozido para uma temperatura de ingresso no banho;

d) transporte do produto de aço plano que foi arrefecido para a temperatura de ingresso no banho através de um banho de Zn fundido saturado de ferro e que está a uma temperatura de 420 a 520 $^{\circ}\text{C}$, dentro de um tempo de imersão de 0,1 a 10 s, de maneira que o produto de aço plano é revestido em processo de imersão a quente com um revestimento protetor de Zn fornecendo proteção contra corrosão, sendo que o banho de fusão de Zn, além do componente principal zinco e de impurezas inevitáveis contém 0,05 a 8% em peso Al e/ou até 8% em peso de Mg, e

e) arrefecimento do produto de aço plano fornecido com o revestimento de Zn que emerge a partir do banho de metal fundido.

8. Processo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o banho de fusão de Zn contém $Si < 2\%$, $Pb < 0,1\%$, $Ti < 0,2\%$, $Ni < 1\%$, $Cu < 1\%$, $Co < 0,3\%$, $Mn < 0,5\%$, $Cr < 0,2\%$, $Sr < 0,5\%$, $Fe < 3\%$, $B < 0,1\%$, $Bi < 0,1\%$, $Cd < 0,1\%$.

9. Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o produto de aço plano é oferecido em forma de uma cinta de aço laminada a frio.

10. Processo de acordo com a reivindicação 7, caracteriza-

do pelo fato de que o recozimento é precedido por um passo de recozimento, no qual o produto de aço plano é mantido a uma temperatura de recozimento de 200 a 1100 °C por uma duração de recozimento de 0,1 a 60 s sob uma atmosfera que é oxidativa para Fe e Mn e a qual contém 0,0001 a 5% em volume de H₂ e possui um ponto de orvalho situado na faixa de -60 °C até +60 °C.

11. Processo, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que, no passo de recozimento, o produto de aço plano é mantido sob uma atmosfera que contém 200 a 5500 ppm por volume de O₂.

12. Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a espessura da camada de MnO.Fe_{Metal} obtida após o recozimento é de 40 a 400 nm.

13. Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a camada de MnO.Fe_{Metal} cobre toda a superfície do produto de aço plano após o recozimento do produto de aço plano.

14. Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o tempo de imersão no banho de Zn fundido é de 0,1 a 5 s.

15. Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o banho de Zn fundido contém tanto Al como Mg.

16. Processo de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o teor de Al do banho é menor do que o teor Mg do mesmo.

17. Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a temperatura do produto de aço plano para ingresso no banho de fusão é de 360 a 710 °C.

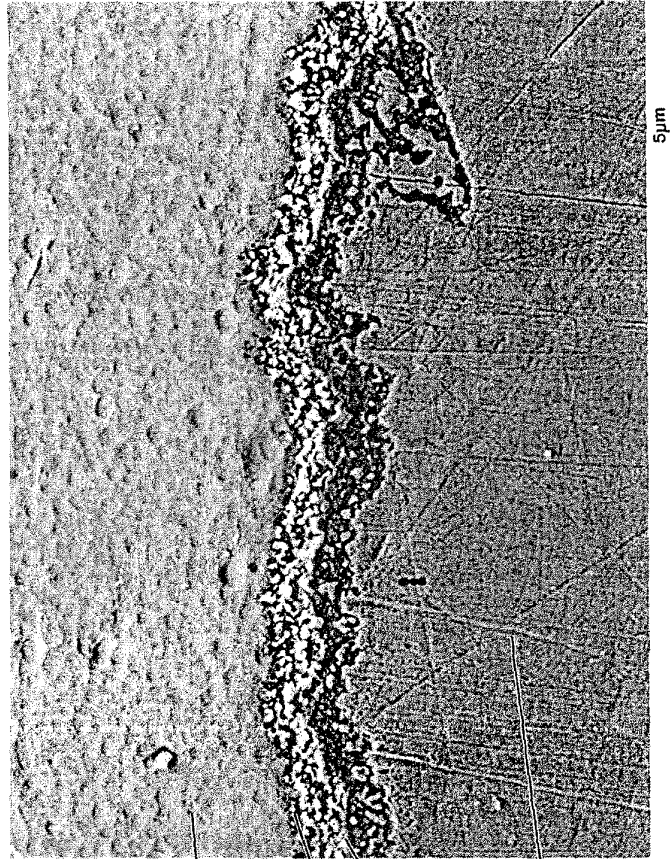


Fig. 2

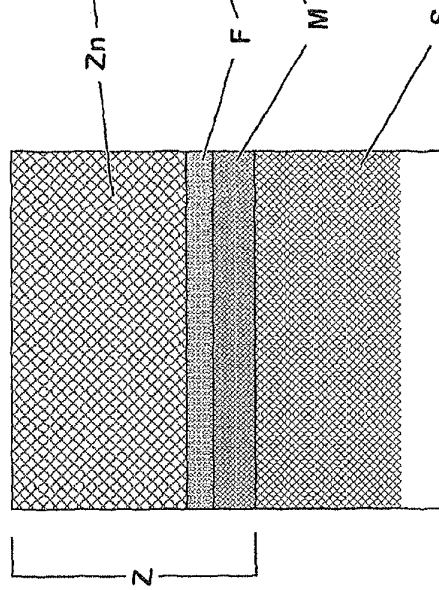


Fig. 1

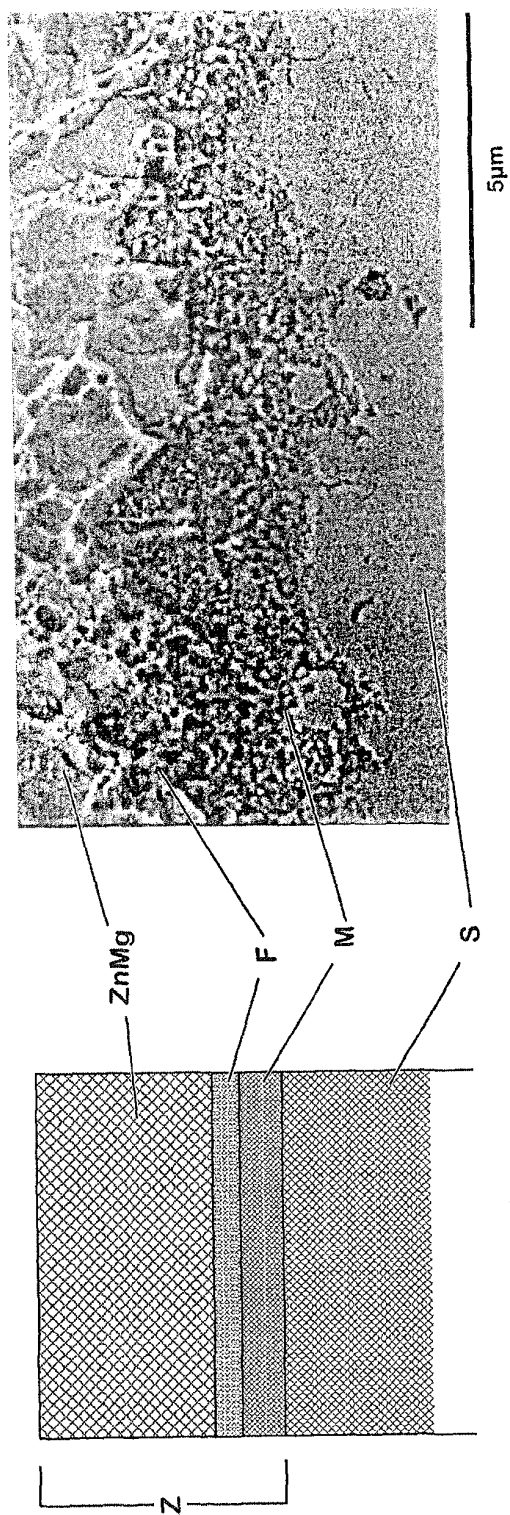


Fig. 4

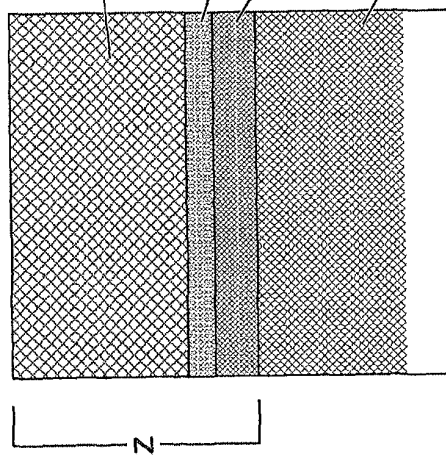


Fig. 3