

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

(21) **PI0711621-7 A2**

(22) Data de Depósito: 15/05/2007
(43) Data da Publicação: 06/12/2011
(RPI 2135)



(51) *Int.Cl.:*
C23C 2/06

(54) Título: MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE UM PRODUTO DO AÇO PLANO REVESTIDO COM UM SISTEMA DE PROTEÇÃO À CORROSÃO

(30) Prioridade Unionista: 15/05/2006 EP 06 113963.0

(73) Titular(es): Thyssenkrupp Steel AG

(72) Inventor(es): Carmen Ostwald, Erich Nabbefeld-Arnold, Manfred Meurer, Michael Keller, Oliver Bendick

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

(86) Pedido Internacional: PCT EP2007054712 de 15/05/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/132008de 22/11/2007

(57) Resumo: MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE UM PRODUTO DO AÇO PLANO REVESTIDO COM UM SISTEMA DE PROTEÇÃO À CORROSÃO. A presente invenção se refere a um método que permite a produção econômica dos produtos de aço plano altamente resistente à corrosão com um sistema de proteção anti-corrosão, que ao mesmo tempo facilita o processamento posterior. As seguintes etapas do trabalho são aplicadas: - pré-aquecer um substrato de aço em um forno de pré-tratamento até a temperatura da tira de 720 a 850°C sob a atmosfera de gás inerte; - resfriar o substrato do aço até a temperatura de entrada da tira; - revestir por imersão a quente o substrato de aço em banho de zinco, de modo que sobre o substrato do aço seja formado um revestimento para proteção anti-corrosão que possui um teor máximo de Al de 0,5% em peso em uma camada intermediária; - ajustar a espessura do revestimento metálico para proteção anti-corrosão aplicada ao substrato do aço no banho de fusão até o valor de 3 -20 µm por lado raspando o excesso de material de revestimento; - resfriar o substrato do aço com um revestimento metálico para proteção anti-corrosão; e - aplicar o revestimento orgânico ao revestimento metálico para proteção anti-corrosão do substrato do aço.



PI0711621-7

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE UM PRODUTO DO AÇO PLANO REVESTIDO COM UM SISTEMA DE PROTEÇÃO À CORROSÃO".

5 A invenção se refere a um método para produção de um produto do aço plano revestido com um sistema de proteção anti-corrosão em que um revestimento a base de zinco é aplicado a um substrato de aço, como uma tira ou folha de aço por meio de um revestimento por imersão a quente, e em que um revestimento orgânico é aplicado ao revestimento a base de zinco.

10 Para aprimorar a resistência anti-corrosão, em particular em tiras ou folhas de aço, são aplicados revestimentos metálicos que, na maioria das aplicações, a base de zinco ou ligas de zinco. Os ditos revestimentos de zinco ou ligas de zinco, em função de seu efeito protetor catódico e de barreira, fornecem boa proteção ao uso prático para a folha de aço revestida desta
15 forma.

A resistência à corrosão do metal laminado revestido com zinco é ainda aprimorada aplicando-se revestimentos metálicos que de modo geral, na prática, compreendem sistemas envernizadores construídos por diversas camadas. Um método para aplicação do dito sistema envernizador a
20 folhas de aço com revestimento de zinco, por exemplo, é descrito no documento WO 98/24857. De acordo com este método conhecido, em primeiro lugar a superfície do substrato é limpa. Em seguida, se necessário um agente de pré-tratamento inorgânico e/ou orgânico é aplicado ao revestimento. A camada de revestimento preparada desta forma é revestida por uma denominada camada preparativa (*primer*) como agente de promoção de adesão,
25 sobre a qual é aplicada, por sua vez, empregando-se aspensão, imersão, raspagem, laminação ou pulverização, um verniz contendo uma resina epóxi de amina modificada e um agente de reticulação adequado à reticulação. Após a aplicação deste verniz, esse é cozido e onde necessário, uma película permanente ou removível assentada sobre a película de verniz para pro-
30 tegê-la de danos durante o transporte ou futuro processamento, ou para estabelecer propriedades de superfície específicas. A vantagem obtida por es-

te método é que, com a preparação correspondente da superfície de revestimento, a camada preparativa apresenta pouca ou nenhuma dilaceração da superfície, não ocorrendo problemas de adesão. Os substratos revestidos desta forma possuem uma qualidade de superfície boa e uniforme, e são

5 caracterizadas por boa conformabilidade, durabilidade, resistência a substâncias químicas, corrosão e desgaste pelo tempo.

Na técnica anterior descrita acima, existe regularmente a necessidade de um pré-tratamento de uma superfície de revestimento que possui como desvantagem, não apenas o custo associado, mas também, em particular,

10 que o agente de pré-tratamento é usualmente nocivo ao ambiente. Uma possibilidade para a aplicação de um sistema envernizador diretamente a uma superfície não tratada sem pré-tratamento especial é descrita na DE 103 00 751 A1. De acordo com o método descrito nesta publicação, pelo uso de uma composição adequada à proteção anti-corrosão descrita em mais

15 detalhe na DE 103 00 751 A1, e enquanto observando espessuras específicas de camada e estabelecendo uma flexibilidade particular e resistência à adesão do revestimento, é possível produzir, em uma lâmina galvanizada sem pré-tratamento posterior, uma camada de revestimento de apenas 4 - 8 μm de espessura e que garanta uma elevada resistência à corrosão. No entanto,

20 tais métodos, devido à complexidade das influências e dos parâmetros operacionais a serem ponderados em sua execução, são considerados laboriosos e só podem ser implantados com dificuldade sob as condições operacionais brutas que normalmente predominam na prática.

O objeto da invenção é especificar um método que permita a

25 produção econômica de produtos de aço plano altamente resistentes à corrosão, os quais, ao mesmo tempo, permitam o fácil processamento posterior.

Este objetivo é atingido usando-se um método para produção de um produto de aço plano revestido com um sistema de proteção anti-corrosão em que um revestimento a base de zinco é aplicado a um substrato

30 de aço, como uma tira ou lâmina de aço por meio de revestimento por imersão a quente, e em que um revestimento orgânico é aplicado ao revestimento a base de zinco, em que o dito método compreende as seguintes etapas

de trabalho:

- pré-aquecer um substrato de aço em um forno de pré-tratamento até a temperatura da tira de 720 a 850°C sob a atmosfera de gás inerte;
- 5 - resfriar o substrato do aço até a temperatura de entrada da tira de 400 - 600°C;
- revestir por imersão a quente o substrato de aço sob exclusão do ar em banho de zinco que contém, além do zinco e das impurezas inevitáveis, (em % de peso) 0,15 - 5% Al, 0,2 - 3% de Mg e, opcionalmente, o
- 10 total máximo de 0,8% de um ou mais elementos do grupo Pb, Bi, Cd, Ti, B, Si, Cu, Ni, Co, Cr, Mn, Sn e das terras raras, e com temperatura de banho de 420-500°C, em que a diferença entre a temperatura de imersão da tira e a temperatura do banho varia na faixa de -20°C a +100°C, de modo que no substrato do aço seja formado um revestimento para proteção anti-corrosão
- 15 (em % de peso) que contém 0,25 - 2,5% de Mg, 0,2 - 3,0% de Al, $\leq 4,0\%$ de Fe e, opcionalmente, o total máximo de 0,8% de um ou mais elementos do grupo Pb, Bi, Cd, Ti, B, Si, Cu, Ni, Co, Cr, Mn, Sn e das terras raras, zinco residual e impurezas inevitáveis, e que possui um teor máximo de Al de 0,5% em peso em uma camada intermediária que se estende entre a cama-
- 20 da da superfície diretamente adjacente à superfície do produto do aço plano e uma camada da borda adjacente ao substrato do aço e que possui uma espessura total de pelo menos 20% da espessura total do revestimento para proteção anti-corrosão;
- ajustar a espessura do revestimento metálico para proteção
- 25 anti-corrosão aplicada ao substrato do aço no banho de fusão até o valor de 3 - 20 μm por lado raspando o excesso de material de revestimento;
- resfriar o substrato do aço com um revestimento metálico para proteção anti-corrosão; e
- aplicar o revestimento orgânico ao revestimento metálico para
- 30 proteção anti-corrosão do substrato do aço.

De acordo com a invenção, o substrato do aço presente na forma de uma folha ou tira delgada de aço é submetida a um processo de re-

vestimento, sendo que suas etapas de trabalho, com relação ao aspecto econômico da implantação em larga escala, são, de preferência, executados em passagem contínua. As velocidades contínuas ajustadas na prática podem, dependendo da eficiência e do tempo exigido para a etapa de processamento considerada, recair na faixa de 60 - 150 m/min.

Como parte do método, De acordo com a invenção, em primeiro lugar o substrato do aço é pré-aquecido. O pré-aquecimento pode ser realizado, por exemplo, em um forno de pré-aquecimento do tipo DFF (Forno de Aquecimento por Chama Direta) ou RTF (Forno de Tubo Radiante). A fim de impedir a oxidação da superfície do substrato do aço no aquecimento, o recozimento considerado é executado sob gás inerte que, na forma conhecida, pode ter uma proporção de hidrogênio de ao menos 3,5% em volume a 75% em volume.

A fim de preparar o substrato do aço otimamente para uma etapa de revestimento subsequente, a temperatura máxima de tira obtida, dependendo do tipo do aço, é ajustada para 720 a 850°C.

Após o aquecimento, o substrato do aço entra em banho de zinco sob exclusão de ar. Isto pode ser atingido da forma conhecida, por exemplo, introduzindo o substrato no banho de fusão através de um maçarico conectado ao interior do forno de recozimento e com sua abertura submergida no banho de fusão.

O banho de fusão compreende uma fusão que, além do zinco e das impurezas usuais induzidas pela produção, possui teores de magnésio e alumínio. A composição da fusão é escolhida de modo que no substrato do aço, um revestimento para proteção metálica anti-corrosão contendo Zn-Mg-Al-Fe é formado. Devido à distribuição dos elementos da liga que contém, possui primeiramente uma adesão ótima ao substrato do aço e, em segundo lugar, uma composição de superfície que é adequada à aplicação direta de um revestimento orgânico sem um pré-tratamento complexo. Ao mesmo tempo, o revestimento possui uma soldabilidade excelente, o que torna os produtos de aço plano, de acordo com a invenção, particularmente adequados à soldagem por pontos.

Usando o método de acordo com a invenção, a estrutura da camada do revestimento pode ser formada de modo que, em sua camada da borda da superfície diretamente adjacente à superfície, cuja espessura se limita no máximo a 10% da espessura total do revestimento, os elementos Mg e Al estão inicialmente presentes enriquecidos como óxidos. Além disso, o óxido de zinco está presente na superfície. A quantidade de enriquecimento de Al na superfície imediata é de, no máximo, cerca de 1% em peso. A camada de óxido formada no revestimento da liga de zinco passiva a superfície e permite a adesão direta do verniz.

Quanto mais delgada a superfície da camada da borda, melhor a revestibilidade e soldabilidade do revestimento para proteção metálica anticorrosão produzido no método de imersão a quente. Portanto, os parâmetros operacionais para o revestimento de imersão em zinco, de acordo com a invenção, são preferencialmente ajustados de modo que a espessura da camada da borda da superfície seja inferior a 5%, em particular, inferior a 1% da espessura total do revestimento do metal.

Próxima à camada da borda da superfície, até uma espessura inferior a 25% da espessura total de revestimento, está uma camada intermediária com teor de Al de no máximo 0,25% em peso. Em sua camada da borda adjacente primeiramente à camada intermediária, e em segundo lugar ao substrato do aço, o teor de Al então se eleva a 4,5% na borda do substrato do aço. O enriquecimento com Mg na superfície imediata do revestimento é claramente maior do que o enriquecimento com Al. Aqui são atingidas proporções de Mg de até 10%. A partir de então, a proporção de Mg diminui na camada intermediária e, na profundidade de cerca de 25% da espessura total da camada do revestimento, totaliza 0,5% a 2%. Na camada da borda o teor de Mg se eleva na direção do substrato do aço. Na borda em relação ao substrato do aço, o teor de Mg é de até 3,5%. O baixo teor de Al na camada intermediária garante, particularmente, a boa soldabilidade e a formação uniforme da superfície, ao mesmo tempo em que o Fe em liga na camada da borda assegura, particularmente, uma boa adesão do revestimento ao substrato do aço. O efeito excelente da proteção contra a corrosão do revesti-

mento também obtido com as baixas espessuras de revestimento é assegurada pelo alto teor de Mg e Al na camada da borda.

Os dados aqui fornecidos e nas reivindicações sobre a estrutura do revestimento para proteção anti-corrosão e suas camadas individuais se referem a um perfil de camada determinado pela medição GDOS (espectrometria de emissão óptica por descarga luminescente). O método de medição GDOS descrito, por exemplo, no Glossary of Material Technology, editado por Hubert Gräfen, VDI-Velag GmbH, Düsseldorf, 1993 é um método padrão para a detecção rápida de um perfil de concentração de revestimentos.

Em particular as propriedades relacionadas acima são obtidas com um revestimento para proteção metálica anti-corrosão produzido de acordo com a invenção, se o teor de Al do banho de fusão for de 0,15 - 0,4% em peso. Descobriu-se que com os ditos teores de Al relativamente baixos de um banho de fusão usado no método para execução da invenção, o ajuste adequado da imersão da tira e/ou temperatura de banho em si pode influenciar diretamente a estrutura do sistema de camada desejado de acordo com a invenção.

No método de acordo com a invenção, durante o revestimento por imersão a quente, os teores de Al e Mg são enriquecidos na camada da borda do revestimento metálico para proteção anti-corrosão adjacente ao substrato do aço, enquanto na camada intermediária, em particular, baixos teores de Al estão presentes. A diferença entre a temperatura da tira na imersão e a temperatura do banho de fusão possui uma significância particular. Na medida em que estas diferenças variam na faixa de -20°C a 100°C, preferencialmente -10°C a 70°C, uma presença minimizada de Al de acordo com a invenção na camada intermediária pode ser ajustada de forma segura e segundo pretendido.

Para sustentar adicionalmente a formação da estrutura de camada do revestimento para proteção metálica anti-corrosão a ser ajustada de acordo com a invenção, o teor de Mg do banho de fusão pode ser limitado a 0,2 a 2,0% em peso, em particular, 0,5 a 1,5% em peso. Os elementos do grupo Pb, Bi, Cd, Ti, B, Si, Cu, Ni, Co, Cr, Mn, Sn e das terras raras po-

dem estar presentes em um revestimento para proteção anti-corrosão produzido, de acordo com a invenção, até o teor total de 0,8% em peso do revestimento, de acordo com a invenção. O Público, Bi e Cd servem para formar uma estrutura de cristal de maior porte (flor de zinco), Ti, B, Si para aumentar a conformabilidade, Cu, Ni, Co, Cr, Mn para influenciar as reações da
5 camada da borda, Sn para influenciar a oxidação da superfície, e as terras raras, em particular lantano e cério, para aumentar o comportamento do fluxo da fusão. As impurezas que podem estar contidas no revestimento para proteção anti-corrosão, de acordo com a invenção, incluem os constituintes
10 que penetram no revestimento da superfície do substrato do aço, como resultado do revestimento por imersão a quente, em quantidades que não influenciam as propriedades do revestimento da superfície.

Após atravessar a parte galvanizada, no método de acordo com a invenção, a espessura do revestimento da superfície é ajustada para 3 -
15 20 μm , que corresponde a uma massa de revestimento do revestimento para proteção metálica anti-corrosão de 20 - 140 g/m^2 por lado. O efeito excelente de proteção anti-corrosão dos revestimentos formados de acordo com a invenção permite a limitação da espessura do revestimento a valores de 4 - 12 μm , o que corresponde a uma massa de revestimento de 30 - 85 g/m^2 por
20 lado. Os substratos do aço dotados dos ditos revestimentos finos podem ser futuramente processados de forma bastante adequada.

A raspagem do excesso do material de revestimento da superfície para ajustar a espessura do revestimento pode, por exemplo, ser obtida da forma conhecida por meio de jatos de gás aplicados por um sistema raspador de bocal. O gás para os jatos de gás é, preferencialmente, nitrogênio
25 a fim de limitar ao máximo qualquer oxidação da superfície do revestimento.

Depois que a tira de aço com revestimento para proteção metálica anti-corrosão contendo Mg e Al ter sido guiada para fora do banho de zinco, é resfriada da forma pretendida. A temperatura final alcançada tipicamente corresponde à temperatura ambiente.
30

Em seguida o substrato do aço com o revestimento para proteção metálica anti-corrosão pode ser submetido à laminação de encruamento

a fim de obter uma texturização da superfície adequada otimamente ao revestimento subsequente. Tanto o resfriamento controlado quanto a laminação de encruamento executados são realizados preferencialmente, com relação ao aspecto econômico e a eficiência, alinhados e em uma passagem contínua com o processo de galvanização.

Finalmente, o substrato do aço revestido segundo a invenção é revestido organicamente, o que pode ocorrer em uma fábrica separada para revestimento da tira ou também em linha diretamente em seguida ao resfriamento e/ou qualquer têmpera adicional que se faça necessária. Um processo que persiste continuamente após a etapa de trabalho precedente é favorável aqui, porque o revestimento pode ser aplicado diretamente à superfície metálica recém produzida com resultados de trabalho particularmente bons. Em particular, quando o revestimento orgânico ocorre após a etapa de trabalho precedente em linha, evita que o revestimento metálico seja modificado pelo envelhecimento, lubrificação e desengraxamento.

No entanto, em princípio, também é concebível que o revestimento orgânico a ser aplicado de forma conhecida, descontinuamente, através de uma fábrica separada de pintura em bobina (*coil coating*). Até este ponto, o substrato do aço ajustado ao revestimento pode, após a galvanização, resfriamento ou laminação, ser primeiramente lubrificado para garantir uma proteção anti-corrosão temporária.

Uma variante adicional é a "selagem" do substrato e a galvanização. Para este fim, uma camada de aproximadamente 2 μm de espessura feita de poliacrilato ou poliéster é aplicada como uma proteção anti-corrosão simples e como um subsídio posterior ao processamento que, entre outros, pode ser aplicado com endurecimento por UV ou térmico.

De modo surpreendente, notou-se que a superfície presente imediatamente após a etapa de galvanização sem limpeza e pré-tratamento, e não influenciada pelas etapas adicionais de processamento, é particularmente adequada para a aplicação direta do revestimento orgânico. No ponto do método de acordo com a invenção em que for executada a limpeza da superfície do revestimento, uma limpeza suave mostrou-se adequada, de

modo que a camada de óxido nativa existente no revestimento metálico é submetida a um ataque mínimo. A expressão "limpeza suave" neste contexto se refere à limpeza em que a superfície do revestimento metálico de proteção anti-corrosão é tratado com um agente de limpeza alcalino suave (valor de pH 9 - 10, alcalinidade livre até 14), ou um agente alcalino forte (valor de pH 12 - 12,5, alcalinidade livre de 5), porém um agente de limpeza de baixa concentração. Os agentes de alcalinidade adequados para este fim são, por exemplo, fluidos a base de solução de sódio ou de potássio contendo fosfato, cujas temperaturas tipicamente residem na faixa de 40 - 70°C.

Antes da aplicação do revestimento orgânico por meio de aspersão, imersão ou através do uso de um revestidor de cilindro, o pré-tratamento pode ser aplicado a uma superfície da tira que passiva a superfície metálica e garante a adesão entre o revestimento metálico e o verniz. Este pré-tratamento é, preferencialmente, um sistema livre de Cr^{VI} , preferencialmente um pré-tratamento totalmente livre de Cr, que, por exemplo, é produzido a base de Ti, Zr, P e/ou Si. Enquanto as camadas de óxido nativas, as quais são criadas no substrato do aço que ostenta o revestimento, já garantem a excelente passivação da superfície, em muitas aplicações importantes na prática, entretanto, o dito pré-tratamento pode ser omitido por completo e o verniz aplicado diretamente ao substrato metálico que foi apenas desengraxado.

O revestimento orgânico pode ser aplicado na forma conhecida de ao menos uma camada (verniz e, onde aplicável, película) por meio de revestidores de cilindro, aspersão, imersão, etc. Desta forma é possível formar uma única camada ou uma estrutura de camadas múltiplas em que as camadas seguintes ou sistemas de camadas são implantados e, onde aplicável, podem ser combinados:

- 1 - Verniz
- 2 - Verniz - película
- 3 - Verniz - película - verniz
- 4 - Verniz (com ou sem adesivo)

Em seguida é promovido o endurecimento do revestimento por

meio do fornecimento de calor ou radiação. Com relação ao aspecto econômico do processo, o endurecimento por radiação, em particular a radiação térmica, é vantajoso. O endurecimento por radiação não exige pós-combustão térmica de solventes liberados. Ainda, um sistema para endurecimento por UV pode ser implantado em um comprimento de construção substancialmente mais curto do que o comprimento que seria necessário para um forno de ar circulante exigido para a secagem térmica.

Os produtos metálicos planos produzidos de acordo com a invenção com um revestimento metálico e orgânico possuem, com reduzida espessura do revestimento, proteção de superfície de corte aberto, o que é substancialmente melhor do que os substratos de aço revestidos de modo convencional, e melhores propriedades de migração em arranhões e bordos cortados.

Onde o pré-tratamento correspondente for necessário, com o método de acordo com a invenção que usa agentes de pré-tratamento isentos de Cr^{VI} , as propriedades de proteção anti-corrosão obtidas são pelo menos tão boas quanto nos produtos que são pré-tratados de acordo com a técnica anterior que usa agentes contendo Cr^{VI} .

A invenção agora é explicada em mais detalhe com referência aos exemplos da modalidade nos desenhos. Esses mostram:

Diagrama 1 uma seqüência de etapas de trabalho de uma primeira variante de um método para construção de um produto de aço plano revestido com um sistema de proteção anti-corrosão;

Diagrama 2 uma seqüência de etapas de trabalho de uma segunda variante de um método para construção de um produto de aço plano revestido com um sistema de proteção anti-corrosão;

Diagrama 3 uma representação gráfica da distribuição determinada pela medição GDOS de teores de Zn, Mg, Al, e Fe ao longo da espessura de um primeiro revestimento para proteção anti-corrosão aplicado a um substrato de aço;

Diagrama 4 uma representação gráfica da distribuição determinada pela medição GDOS de teores de Zn, Mg, Al, e Fe ao longo da espes-

sura de um segundo revestimento para proteção anti-corrosão aplicado a um substrato de aço;

As Figuras 1 a 4 estruturas da camada dos produtos de aço plano com um revestimento para proteção anti-corrosão.

5 Duas possíveis seqüências no arcabouço da invenção das etapas de trabalho individuais do método de acordo com a invenção são representadas graficamente como exemplos nos diagramas 1 e 2.

Na variante mostrada no diagrama 1, todas as etapas do trabalho são executadas em passagem contínua. O substrato do aço considerado
10 (tira ou folha de aço) é primeiramente pré-aquecido, em seguida galvanizado por imersão a quente e, após o ajuste da espessura do revestimento metálico produzido no substrato, laminado de modo a formar uma estrutura de superfície otimizada com um baixo grau de deformação. Em seguida um sistema de revestimento orgânico formado a partir de uma camada preparativa e
15 um verniz é aplicado tanto diretamente sobre o revestimento para proteção anti-corrosão metálico apenas após a limpeza e, onde aplicável, o pré-tratamento em seguida à laminação.

Na seqüência mostrada no diagrama 2, as etapas do trabalho de "pré-aquecimento", "galvanização", "ajuste da espessura" e "laminação" são
20 executadas em passagem contínua, como no método mostrado no diagrama 1. Então, o substrato do aço obtido após a laminação, e revestido com o revestimento para proteção anti-corrosão, é primeiramente armazenado antes de forma temporária - após a limpeza de sua superfície a ser fornecida com o revestimento orgânico - que é revestido em uma fábrica de revestimento
25 separada com o sistema de revestimento orgânico formado a partir da camada preparativa e do verniz. A fim de proteger contra a corrosão durante o tempo de espera, a superfície do revestimento para proteção metálica anti-corrosão que deve ser revestido organicamente, o revestimento para proteção metálica anti-corrosão pode ser lubrificado ou "selado" após a laminação.
30 ção.

Para testar o método de acordo com a invenção, testes operacionais B1 - B8 foram realizados em que as tiras de aço que compreendem

um aço de grau elevado foram usadas como substratos do aço. A composição das tiras de aço é fornecida na tabela 1.

Tabela 1

C	Si	Mn	P	S	Ti	Al	Fe, impurezas
0,07	0,04	0,40	0,012	0,005	0,005	0,04	resíduos

Os parâmetros operacionais ajustados durante os testes operacionais, a respectiva composição do banho de fusão e uma análise da camada de proteção anti-corrosão resultando no substrato do aço são fornecidos na tabela 2.

A espessura da camada da borda da superfície que absorve a oxidação superficial nas amostras testadas foi de no máximo 0,2 μm e, com relação ao perfil da camada determinado pela medição GDOS, está na faixa de até 2,7% da espessura total da camada. A quantidade de enriquecimento de Al na superfície direta é de, no máximo, cerca de 1% em peso. Isto é acompanhado até uma espessura de ao menos 25% da espessura total do revestimento pela camada intermediária com um baixo teor de Al de no máximo 0,25% em peso. Na camada da borda o teor de Al se eleva a até 4,5% na borda até o substrato do aço. O enriquecimento com Mg na superfície imediata do revestimento é claramente maior do que o enriquecimento com Al. Aqui são obtidas proporções de Mg de até 20%. A partir deste ponto, a proporção de Mg diminui ao longo da camada intermediária, e a uma profundidade de cerca de 25% da espessura total da camada do revestimento totaliza 0,5 a 2%. Ao longo da camada da borda também existe uma elevação do teor de Mg na direção do substrato do aço. Na borda para o substrato do aço o teor de Mg totaliza até 3,5%.

Uma distribuição correspondente ao longo da espessura D (superfície D = 0 μm) é representada graficamente como um exemplo nos diagramas 3 e 4 que mostram o resultado de uma medição de GDOS de duas estruturas em camadas típicas de revestimentos para proteção metálica anti-corrosão produzido em um substrato do aço de acordo com a invenção.

Os diagramas 3 e 4 mostram que na superfície do revestimento considerado, é formada uma camada da borda da superfície dotada de um

alto teor de Al como consequência da oxidação. A espessura desta camada da borda da superfície é de, no máximo, 0,2 μm e, portanto, é facilmente rompida em soldagem a laser ou a ponto sem a deterioração da qualidade do resultado da soldagem.

5 A camada da borda da superfície é acompanhada de uma camada intermediária com cerca de 2,5 μm de espessura com um teor de Al abaixo de 0,2%. A espessura da camada intermediária é, portanto, cerca de 36% da espessura total da camada do revestimento para proteção anti-corrosão de 7 μm .

10 A camada intermediária se transforma em uma camada da borda adjacente ao substrato do aço em que os teores de Al, Mg e Fe se elevaram claramente ao longo dos teores correspondentes da camada intermediária.

 A Figura 1 mostra, fora de escala, uma seção transversal de parte de um produto plano de aço produzido e composto de acordo com a invenção. Segundo esta premissa, no lado A que reside na parte externa e em uso e exposta particularmente e de modo severo ao ataque corrosivo, de um substrato do aço S presente como lâmina de aço, em primeiro lugar um revestimento para proteção anti-corrosão metálico K de cerca de 7,5 μm de espessura é aplicado, o qual essencialmente compreende Zn, Al, Mg e Fe.

20 Aplicado diretamente sobre a superfície do revestimento para proteção anti-corrosão K, isto é, sem um pré-tratamento posterior, está uma camada preparativa P. A espessura da camada preparativa P com produtos convencionais para a camada preparativa é de cerca de 5 μm . Se a denominada "camada preparativa espessa" for usada, a espessura da camada preparativa P pode ser de até 20 μm .

 Uma camada de verniz L com uma espessura de cerca de 20 μm é aplicada sobre a camada preparativa P. Na preparação para a aplicação do verniz e buscando encurtar o tempo total de secagem, a camada preparativa P pode ser pré-tratada por meio de radiação UV.

30 Sobre a camada de verniz L é finalmente aplicado um revestimento de verniz de cobertura D que possui até 17 μm de espessura. A camada preparativa P, a camada de verniz L e a camada de verniz de cobertu-

ra D juntas formam um revestimento orgânico que, combinado com o revestimento de proteção anti-corrosão K, apesar da omissão do pré-tratamento da superfície do revestimento de proteção anti-corrosão K, protege, de forma particularmente satisfatória, o substrato do aço S contra a corrosão.

5 Na parte interna I no uso prático, que é menos severamente atacada pela corrosão, do substrato do aço S também é primeiramente aplicado um revestimento metálico de proteção anti-corrosiva Ki de cerca de 7,5 μm de espessura, que compreende essencialmente Zn, Al, Mg e Fe. Diretamente sobre a superfície do revestimento para proteção anti-corrosão Ki é aplicada
10 cada uma camada de verniz Li de espessura 5 a 10 μm .

Os produtos de aço plano do tipo mostrado na Figura 1 são particularmente adequados para uso no campo de construção de veículos.

A Figura 2 mostra, fora de escala, uma seção transversal de parte de um segundo produto de aço plano produzido e composto de acordo
15 com a invenção e particularmente adequado também para uso no campo da construção de veículos. De acordo com este aspecto, na parte externa em uso, que é particularmente exposto ao ataque corrosivo, do substrato do aço S presente como lâmina de aço, é primeiramente aplicado um revestimento metálico de proteção anti-corrosão K de cerca de 5 μm que essencialmente
20 compreende Zn, Al, Mg e Fe.

A superfície do revestimento metálico para proteção anti-corrosão K neste caso foi submetida ao pré-tratamento em que um revestimento fino de pré-tratamento permanece no revestimento de proteção K. Sobre o revestimento de pré-tratamento V é aplicada uma camada preparativa
25 P1 de cerca de 8 μm de espessura.

A camada preparativa P1 porta uma camada de adesivo E de cerca de 5 μm de espessura colocada na camada adesiva E. Na parte externa da película laminada F é aplicada uma camada preparativa P2 adicional, que novamente porta uma camada de verniz de cobertura D de cerca de
30 20 μm de espessura. A camada de verniz de cobertura D forma a terminação externa do sistema de revestimento orgânico formado a partir da camada preparativa P1, a camada adesiva E, a película laminada F, a camada

preparativa P2 e a camada de verniz de cobertura D.

Na parte interna no uso prático, que é menos severamente atacada pela corrosão, do substrato do aço S também é primeiramente aplicado um revestimento metálico de proteção anti-corrosiva Ki de cerca de 5 μm de espessura, que compreende essencialmente Zn, Al, Mg e Fe. A superfície do revestimento para proteção anti-corrosão Ki neste caso é primeiramente pré-tratada formando uma camada fina de pré-tratamento Vi. Em seguida, sobre a camada de pré-tratamento V é aplicada uma camada de verniz Li que possui tipicamente 5 μm de espessura.

A Figura 3 mostra, fora de escala, uma seção transversal de parte de um terceiro produto de aço plano produzido e composto de acordo com a invenção e particularmente adequado também para aplicações em construção externa em geral. De acordo com este aspecto, na parte externa em uso, que está particularmente exposta ao ataque corrosivo, do substrato do aço S presente como lâmina de aço, é primeiramente aplicado um revestimento metálico de proteção anti-corrosão K de cerca de 10 μm de espessura que essencialmente compreende Zn, Al, Mg e Fe. Também neste caso, a superfície do revestimento para proteção anti-corrosão K foi submetida ao pré-tratamento em que uma camada fina de pré-tratamento V permaneceu sobre o revestimento de proteção K.

Sobre a camada de pré-tratamento V é aplicada uma camada de proteção P de cerca de 5 μm de espessura, que por sua vez porta uma camada de verniz de cobertura D de cerca de 20 μm .

A camada de verniz de cobertura D em si porta em sua parte externa uma película de proteção removível U que protege o produto de aço plano durante o transporte e armazenamento.

A película protetora U pode, entretanto também ser designada como uma película de aderência permanente a fim de aperfeiçoar as propriedades da superfície.

Na parte interna no uso prático, que é menos severamente atacada pela corrosão, do substrato do aço S também é primeiramente aplicado um revestimento metálico de proteção anti-corrosiva Ki de cerca de 10 μm

de espessura, que compreende essencialmente Zn, Al, Mg e Fe. A superfície do revestimento para proteção anti-corrosão Ki neste caso também é primeiramente pré-tratada formando uma camada fina de pré-tratamento V. Em seguida, sobre a camada de pré-tratamento V é aplicada uma camada de verniz Li que possui tipicamente 7 a 15 μm de espessura.

A Figura 4 mostra, fora de escala, uma seção transversal de parte de um quarto produto de aço plano produzido e composto de acordo com a invenção e particularmente adequado também para a construção de ferramenta doméstica. De acordo com este aspecto, na parte externa em uso, que está particularmente exposta ao ataque corrosivo, de um substrato do aço S presente como lâmina de aço, é primeiramente aplicado um revestimento metálico de proteção anti-corrosão K de cerca de 4 a 5 μm de espessura que essencialmente compreende Zn, Al, Mg e Fe.

Diretamente sobre a superfície do revestimento para proteção anti-corrosão K, isto é, sem pré-tratamento posterior, é aplicada uma camada preparativa P de cerca de 8 μm de espessura. A camada preparativa usada aqui é uma denominada "camada preparativa de estrutura" que forma uma superfície estruturada com protusões e recessos.

Sobre a camada preparativa P é então aplicada uma camada de verniz L com uma espessura de cerca de 20 μm .

Onde aplicável, sobre a camada de verniz, também pode ser aplicada, por exemplo, uma camada protetora de aderência permanente que se presta, dentre outras coisas, a aprimorar as propriedades das superfícies.

Na parte interna do substrato do aço S que é menos severamente atacada pela corrosão, também é primeiramente aplicado um revestimento metálico para proteção anti-corrosão de 4 a 5 μm de espessura que compreende essencialmente Zn, Al, Mg e Fe. Diretamente sobre a superfície do revestimento para proteção anti-corrosão Ki é aplicada uma camada de verniz Li com uma espessura de 7 a 10 μm .

Teste	Temperatura de entrada da tira	Temperatura do banho	Diferença BET-BT	Espessura de revestimento	Massa de revestimento	Al	Fe	Mg	Al	Fe
		[°C]		[µm]	[g/m²]	[% em peso]			[g/m²]	
B1	516	466	50	4,9	34,7	1,61	1,46	0,81	0,56	0,51
B2	536	478	58	7,8	55,1	1,00	0,88	0,82	0,55	0,48
B3	500	472	58	11,4	80,6	0,65	0,51	0,82	0,52	0,41
B4	522	472	50	10,2	72,1	0,94	0,82	0,81	0,68	0,59
B5	493	467	26	5,7	40,2	0,66	0,47	0,81	0,27	0,19
B6	457	456	1	11,2	79,2	0,43	0,20	0,81	0,34	0,15
B7	483	464	19	4,8	34,4	0,97	0,92	0,83	0,33	0,32
B8	509	466	43	9,2	65,5	0,72	0,61	0,81	0,47	0,40

*) Zn residual e inevitáveis impurezas

Tabela 2

REIVINDICAÇÕES

1. Método para produção de um produto do aço plano revestido com um sistema de proteção anti-corrosão em que um revestimento a base de zinco é aplicado a um substrato de aço, como uma tira ou folha de aço por meio de um revestimento por imersão a quente, e em que um revestimento orgânico é aplicado ao revestimento a base de zinco, compreendendo as seguintes etapas:
 - pré-aquecer um substrato de aço em um forno de pré-tratamento até a temperatura da tira de 720 a 850°C sob a atmosfera de gás inerte;
 - resfriar o substrato do aço até a temperatura de entrada da tira de 400 - 600°C;
 - revestir por imersão a quente o substrato de aço sob exclusão do ar em banho de zinco que contém, além do zinco e das impurezas inevitáveis, (em % de peso) 0,15 - 5% Al, 0,2 - 3% de Mg e, opcionalmente, o total máximo de 0,8% de um ou mais elementos do grupo Pb, Bi, Cd, Ti, B, Si, Cu, Ni, Co, Cr, Mn, Sn e das terras raras, e com temperatura de banho de 420-500°C, em que a diferença entre a temperatura de imersão da tira e a temperatura do banho varia na faixa de -20°C a +100°C, de modo que sobre o substrato do aço seja formado um revestimento para proteção anti-corrosão (em % de peso) que contém 0,25 - 2,5% de Mg, 0,2 - 3,0% de Al, ≤ 4,0% de Fe e, opcionalmente, o total máximo de 0,8% de um ou mais elementos do grupo Pb, Bi, Cd, Ti, B, Si, Cu, Ni, Co, Cr, Mn, Sn e das terras raras, zinco residual e impurezas inevitáveis, e que possui um teor máximo de Al de 0,5% em peso em uma camada intermediária que se estende entre a camada da superfície diretamente adjacente à superfície do produto do aço plano e uma camada da borda adjacente ao substrato do aço e que possui uma espessura total de pelo menos 20% da espessura total do revestimento para proteção anti-corrosão;
 - ajustar a espessura do revestimento metálico para proteção anti-corrosão aplicado ao substrato do aço no banho de fusão até o valor de 3 - 20 µm por lado raspando o excesso de material de revestimento;

- resfriar o substrato do aço com um revestimento metálico para proteção anti-corrosão; e

- aplicar o revestimento orgânico ao revestimento metálico para proteção anti-corrosão do substrato do aço.

5 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as etapas de trabalho podem ser executadas em passagem contínua.

 3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a velocidade com a qual o aço atravessa as etapas de trabalho
10 está na faixa de 60 a 150 m/min.

 4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a diferença entre a temperatura de imersão da tira e a temperatura do banho varia na faixa de -10°C a +70°C.

 5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o teor de Al do banho de zinco é de
15 0,15 a 0,4% em peso.

 6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o teor de Mg do banho de zinco é de 0,2% a 2,0% em peso.

20 7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o teor de Mg do banho de zinco é de 0,5% a 1,5% em peso.

 8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a raspagem do material do revestimento em excesso para produzir a espessura do revestimento de Zn-Mg-Al
25 ocorre por meio de jatos de gás.

 9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o gás usado para os jatos de gás é nitrogênio.

 10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o substrato do aço com o revestimento de Zn-Mg-Al é submetido à laminação de encruamento.
30

 11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações

anteriores, caracterizado pelo fato de que a espessura do revestimento de Zn-Mg-Al é ajustada para 4 a 12 μm .

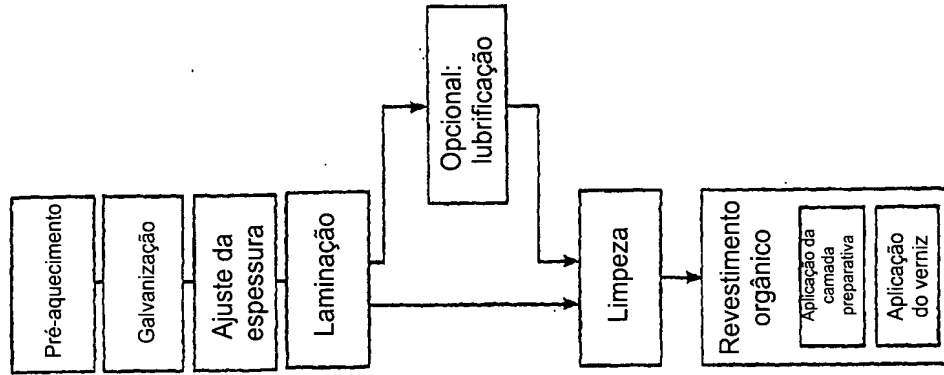
12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que o revestimento orgânico é aplicado diretamente à superfície do revestimento de Zn-Mg-Al que não foi previamente limpo ou pré-tratado, e que é aplicado ao substrato do aço.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que a superfície do revestimento de Zn-Mg-Al aplicado ao substrato do aço é limpo antes da aplicação do revestimento orgânico.

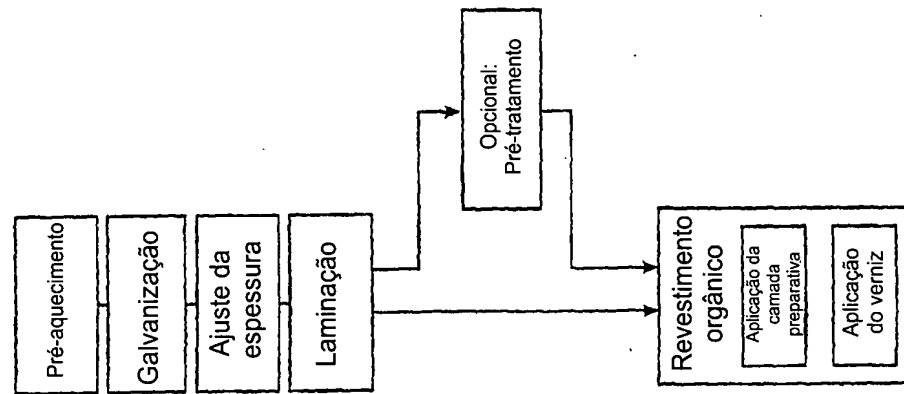
14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11 ou 13, caracterizado pelo fato de que, antes da aplicação do revestimento orgânico, um pré-tratamento químico é executado na superfície do revestimento de Zn-Mg-Al aplicado à superfície do substrato do aço, com um agente de pré-tratamento isento de Cr^{VI} .

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o agente de pré-tratamento é isento de Cr.

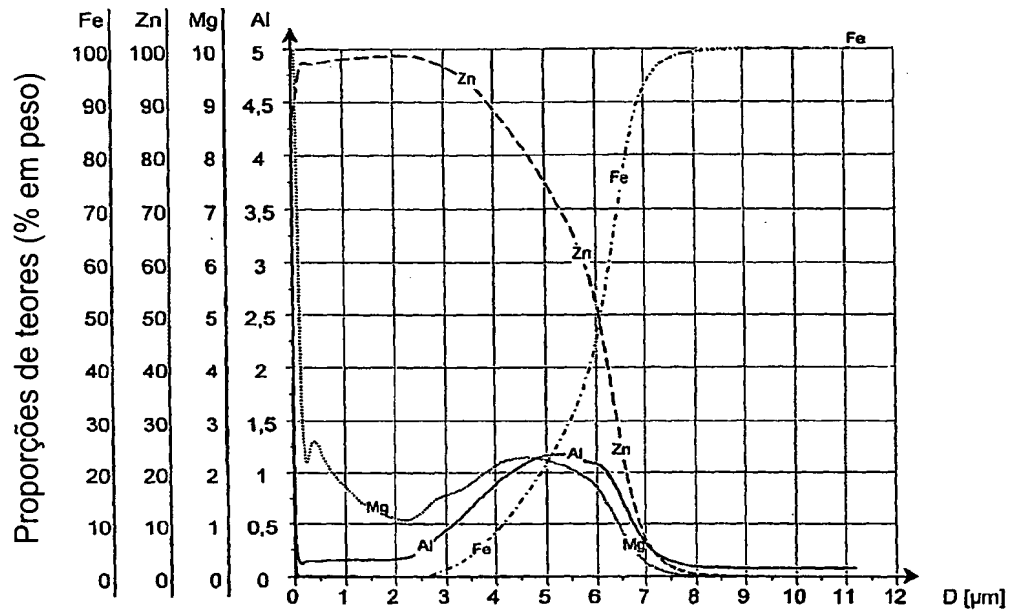
16. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o revestimento orgânico é endurecido por meio de radiação UV.



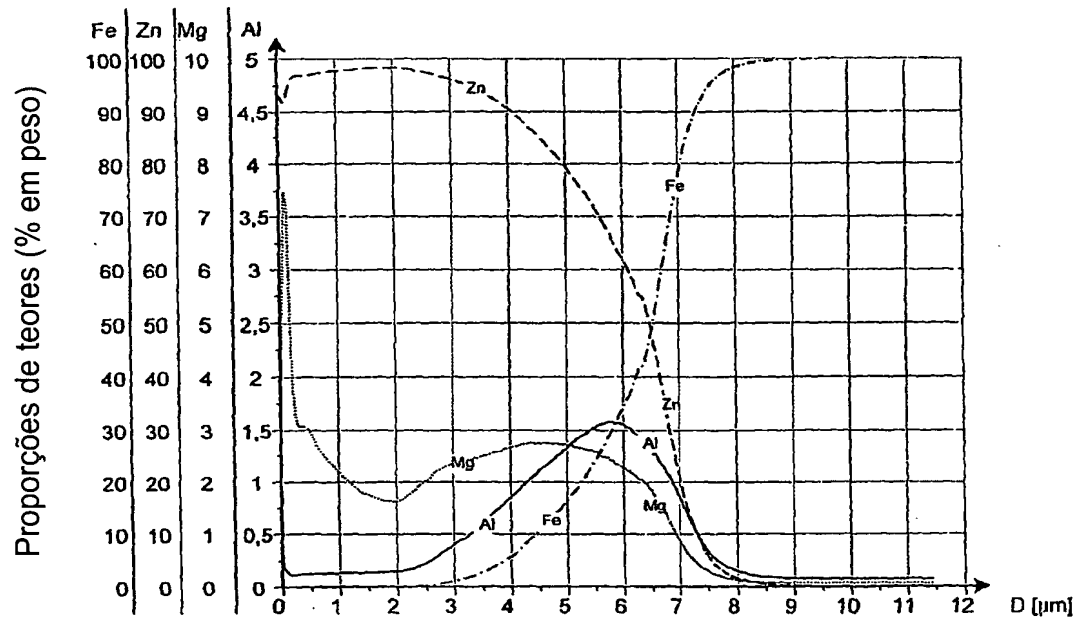
Diag. 2



Diag. 1



Diag. 3



Diag. 4

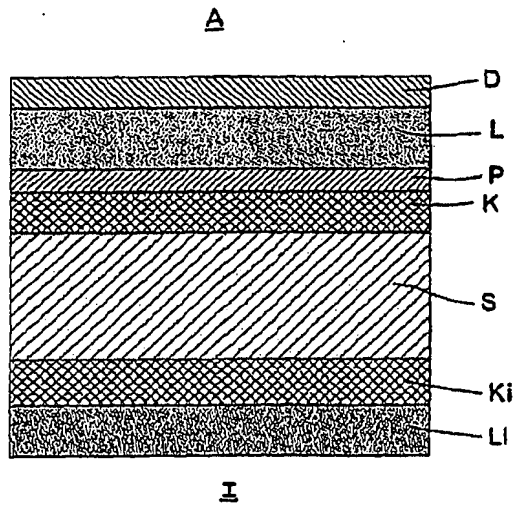


Fig. 1

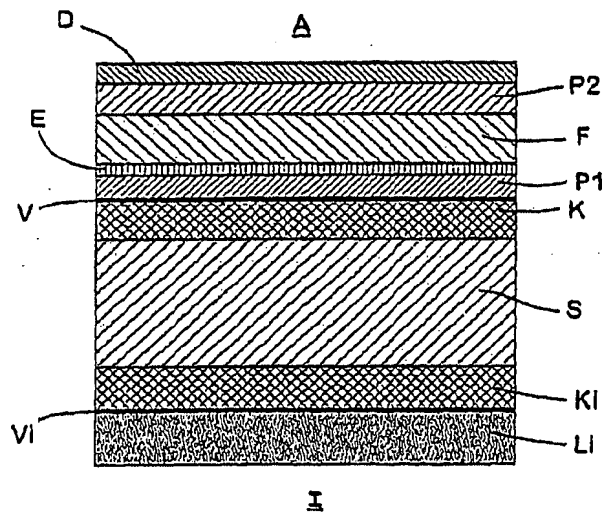


Fig. 2

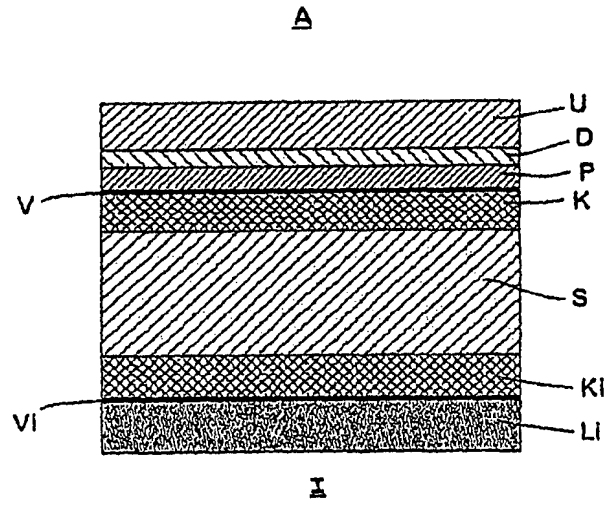


Fig. 3

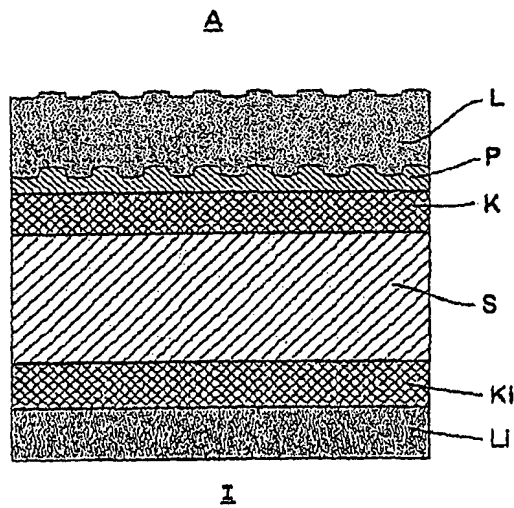


Fig. 4

RESUMO

Patente de Invenção: "MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE UM PRODUTO DO AÇO PLANO REVESTIDO COM UM SISTEMA DE PROTEÇÃO À CORROSÃO".

5 A presente invenção se refere a um método que permite a produção econômica dos produtos de aço plano altamente resistente à corrosão com um sistema de proteção anti-corrosão, que ao mesmo tempo facilita o processamento posterior. As seguintes etapas do trabalho são aplicadas:

10 - pré-aquecer um substrato de aço em um forno de pré-tratamento até a temperatura da tira de 720 a 850°C sob a atmosfera de gás inerte;

- resfriar o substrato do aço até a temperatura de entrada da tira;
- revestir por imersão a quente o substrato de aço em banho de zinco, de modo que sobre o substrato do aço seja formado um revestimento para proteção anti-corrosão que possui um teor máximo de Al de 0,5% em peso em uma camada intermediária;

15 - ajustar a espessura do revestimento metálico para proteção anti-corrosão aplicada ao substrato do aço no banho de fusão até o valor de 3 - 20 μm por lado raspando o excesso de material de revestimento;

20 - resfriar o substrato do aço com um revestimento metálico para proteção anti-corrosão; e

- aplicar o revestimento orgânico ao revestimento metálico para proteção anti-corrosão do substrato do aço.