



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102022012720-4

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: BR 102022012720-4

(22) Data do Depósito: 24/06/2022

(43) Data da Publicação Nacional: 17/01/2023

(51) Classificação Internacional: C04B 26/26; C04B 18/22; C08L 95/00; C08L 17/00.

(52) Classificação CPC: C04B 26/26; C04B 18/22; C08L 95/00; C08L 17/00.

(30) Prioridade Unionista: IB PCT/BR2021/050279 de 25/06/2021.

(54) Título: PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO COM PÓ DE BORRACHA DE PNEUMÁTICOS INSERVÍVEIS

(73) Titular: CBB INDUSTRIA E COMERCIO DE ASFALTOS E ENGENHARIA LTDA, Pessoa Jurídica. CGC/CPF: 82381815000122. Endereço: RUA JOÃO BETTEGA, 3500 - CIC, Curitiba, PR, BRASIL(BR), 81350-000, Brasileira

(72) Inventor: LUIZ HENRIQUE TEIXEIRA.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 24/06/2022, observadas as condições legais

Expedida em: 10/10/2023

Assinado digitalmente por:

Alexandre Dantas Rodrigues

Diretor de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



“PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE LIGANTE ASFÁLTICO MODIFICADO COM PÓ DE BORRACHA DE PNEUMÁTICOS INSERVÍVEIS”

CAMPO TÉCNICO

[001] A presente invenção é aplicada ao campo técnico da modificação de ligantes asfálticos utilizados na construção de rodovias de pavimentos flexíveis, pela adição de pneus inservíveis, com características próprias, em um processo de alto cisalhamento também conhecido como terminal blend, gerando um ligante estável e com melhores características para absorver os esforços gerados pela ação do tráfego e do clima nas rodovias.

ESTADO DA TÉCNICA

[002] Asfaltos modificados por pó de pneus inservíveis já são conhecidos no estado da técnica por possuírem características que conferem um aumento de performance ao pavimento, diminuindo os efeitos nocivos do tráfego e das intempéries, tais como recuperação elástica, elevado ponto de amolecimento e alta viscosidade rotacional.

[003] As técnicas atuais para a inserção do pó de borracha no ligante asfáltico são por via seca e via úmida. No processo por via seca, a borracha é misturada ao ligante em substituição parcial ao agregado, gerando o concreto asfáltico modificado com adição de borracha. No processo por via úmida, a borracha é moída mais fina do que no processo por via seca e é incorporada ao ligante aquecido, dando origem ao ligante modificado por borracha ou asfalto-borracha. O processo por via úmida pode ser feito de duas formas distintas que são normalmente designadas pelas expressões “continuous blend” e “terminal blend”. O “continuous blend” não envolve a moagem do ligante/modificador e é destinado à produção da mistura em obra para aplicação imediata devido à sua instabilidade. O “terminal blend” é destinado à produção da mistura para estocagem e caracteriza-se pela mistura da borracha finamente moída com o ligante quente em um processo que promove a moagem, agitação e circulação da mistura. Neste processo

ocorre uma fusão entre o cimento asfáltico de petróleo (CAP) e o pó de borracha através do aquecimento (180°C a 190°C) e da movimentação mecânica promovida por agitadores de baixo ou alto cisalhamento. O resultado é um ligante modificado estável que pode ser armazenado sem que haja separação das fases da mistura. Esse processo possibilita ainda maior controle de qualidade, uma vez que é realizado em plantas industriais.

[004] De forma geral, os processos que incorporam borracha aos ligantes asfálticos podem ser feitos por meio da mistura por agitação em alto ou baixo cisalhamento. Para possibilitar a incorporação da borracha ao asfalto, diversos processos de mistura por agitação em alto cisalhamento existentes no estado da técnica fazem o uso de aditivos, tais como solventes ou estabilizantes, ou ainda submetem a mistura a processos mais longos ou múltiplos processos de agitação.

[005] O documento EP439232B1, por exemplo, adota a mistura das partículas em três etapas, em temperaturas acima de 150 °C. Neste documento, os componentes mencionados para mistura são borracha, betume e óleos. A primeira etapa é composta pela mistura e aquecimento sob alto cisalhamento das partículas de borracha e óleo a 150-160 °C. Na segunda etapa, a mistura homogeneizada da primeira etapa é levada a um segundo misturador, onde a mistura é aquecida a 210-240 °C. Na terceira etapa, a temperatura é reduzida a 190-210 °C e a mistura permanece por cerca de duas horas para amadurecimento e opcionalmente são adicionados os demais componentes do asfalto.

[006] Já o documento CN108659556A apresenta um método de preparação de asfalto modificado por borracha de alta viscosidade e alta elasticidade composto por polímero SBS (Estireno-Butadieno-Estireno), asfalto básico, asfalto natural, enxofre, borracha, estabilizador, agente de mistura quente e antienvelhecimento. Esses componentes são misturados em duas etapas: (i) pré-aquecimento do asfalto base a 170-180°C em um moinho coloidal por alto cisalhamento e adição da borracha; (ii) passagem

da mistura da etapa (i) para um tanque de desenvolvimento para agitação cíclica por cerca de 2 horas e posterior passagem da mistura pelo moinho de alto cisalhamento, com a adição de estabilizador e reação por cerca de 3 horas. Esse processo é seguido pela adição do agente de mistura quente, novo aquecimento e mistura e posterior resfriamento, para obtenção da alta elasticidade.

[007] O documento BRPI0611302-8A2 envolve em um aspecto um método de fabricação de um aglutinante do asfalto modificado compreendendo as etapas de: a. fornecer asfalto puro em um recipiente apropriado; b. aquecer o asfalto puro a uma temperatura dentre cerca de 120°C e 200°C; c. adicionar um primeiro ingrediente modificante ao asfalto puro; d. misturar o asfalto e o primeiro ingrediente modificante com um misturador de cisalhamento elevado, tal como, por exemplo, um misturador tipo rotor-estator (isto é, um misturador tipo Silverson) ou um misturador de cisalhamento baixo durante um período dentre cerca de 5 minutos e 10 horas; e. adicionar um segundo ingrediente modificante ao aglutinante de asfalto modificado; f. misturar o segundo ingrediente modificante e o aglutinante de asfalto modificado em um misturador de cisalhamento elevado ou um misturador de cisalhamento baixo durante um período dentre cerca de 5 minutos e 10 horas; g. adicionar um terceiro ingrediente modificante ao material aglutinante modificado; e h. agitar o terceiro ingrediente modificante e o material aglutinante modificado em um misturador de cisalhamento baixo ou um misturador de cisalhamento elevado durante um período dentre cerca de 5 minutos e 48 horas.

[008] Outros documentos do estado da técnica, tais como US 2013/042,793A1; US 6,380,284B1; BR11202010306A2; BRPI0611296A2 e US2016/096,960A1, revelam outros métodos alternativos de modificação de ligantes asfálticos ou respectivas misturas de pavimentação de asfaltos.

REVELAÇÃO

PROBLEMA TÉCNICO

[009] O processo de incorporação de borracha a ligantes asfálticos envolve

a mistura por longos períodos, com a inserção de aditivos e, em geral, mais de um processo ou etapa de mistura. Essas variáveis adicionais implicam em maiores custos ao processo. Nos processos convencionais, há problemas com a dispersão do pó de borracha, gerando misturas não homogêneas e com maior quantidade de resíduo sólido ao final. Essa dificuldade ocorre porque algumas partículas de borracha não passam pelo cisalhamento por ficarem aderidas às paredes dos reatores e às pás agitadoras.

[010] A mistura de borracha proveniente de pneus ao cimento asfáltico também gera outro passivo: a alta emissão de H₂S devido à reação da borracha com o CAP em altas temperaturas.

SOLUÇÃO TÉCNICA

[011] Para superar os obstáculos e problemas descritos acima e outras desvantagens não mencionadas aqui, de acordo com os propósitos da invenção, tal como aqui descritos, um aspecto básico da presente invenção refere-se a um processo para obtenção de ligante asfáltico modificado com pó de borracha de pneumático, caracterizado por combinar em um único passe, em processo de moagem em reator de dispersão por alto cisalhamento, o pó de borracha com o cimento asfáltico submetidos a aquecimento a uma temperatura 175°C a 200°C.

EFEITOS VANTAJOSOS

[012] Ao se combinar o pó de borracha com o cimento asfáltico submetidos a aquecimento a uma temperatura 175°C a 200°C em um único passe, em processo de moagem em reator de dispersão por alto cisalhamento, há uma série de efeitos vantajosos, tais como: absorção total dos polímeros existentes no pó de borracha; diminuição da carga térmica aplicada sobre o ligante durante o período de modificação, menor consumo de energia para modificação, alta produtividade, estabilidade da estocagem e melhor performance.

[013] O processo se diferencia das soluções propostas no estado da técnica por obter uma mistura homogênea e com pouco resíduo ao final, o

que decorre da moagem da borracha pelo moinho de alto cisalhamento, durante a mistura, em um único passe. Além disso, possui a vantagem de não usar dispersantes ou outros aditivos para homogeneização da mistura e prover um processo com menor tempo de mistura, pois por ser mais eficiente possibilita que a mistura passe apenas uma vez pelo moinho de alto cisalhamento.

[014] Diferente do documento EP439232B1 o presente pedido propõe a mistura da borracha com cimento asfáltico em um único passe no moinho de alto cisalhamento, resultando em um menor custo global do processo.

[015] O presente pedido se diferencia também de CN108659556A por utilizar borracha de pneus para inserção no cimento asfáltico, enquanto o documento do estado da técnica utiliza o polímero SBS. Esse polímero já é amplamente utilizado na inserção em asfaltos para melhora de propriedades mecânicas e de durabilidade. Sua adição nos cimentos asfálticos difere das borrachas provenientes de pneus, pois sua dispersão é mais fácil. Portanto, não é trivial a substituição da fonte de polímero nas misturas asfálticas, como a proposta pelo presente pedido. Além disso, ao propor o uso de pneus inservíveis, a presente invenção traz um benefício ambiental, não explorado pelo documento CN108659556A.

[016] Já o método de produção revelado no documento BRPI0611302-8A2 envolve ao menos três etapas, a primeira e a segunda em um misturador de cisalhamento de alta eficiência, por exemplo um misturador do tipo rotor estator de cisalhamento elevado do tipo Silverson; e a terceira etapa em um misturador-agitador de baixa eficiência, por exemplo um misturador do tipo hélice acionado por um motor em cerca de 250 rpm, sendo que na primeira etapa é adicionado um primeiro ingrediente modificante, na segunda etapa um segundo ingrediente modificante, e na terceira etapa um terceiro ingrediente modificante, e sendo que os ingredientes modificantes podem ser borracha moída, um ou mais ácidos ou um ou mais polímeros sintéticos. O método de produção previsto em BRPI0611302-8A2, portanto, envolve

necessariamente a combinação de três etapas, duas em misturadores de cisalhamento elevado, e uma em um misturador-agitador de baixo cisalhamento, o que aumenta substancialmente o custo de produção e o tempo de processamento comparado com a presente invenção que combina em único passe, em processo de moagem em reator de dispersão por alto cisalhamento, o pó de borracha de pneus inservíveis com o cimento asfáltico submetidos a aquecimento a uma temperatura na faixa de 175°C a 200°C.

[017] Os demais documentos citados no estado da técnica, mais particularmente US 2013/042,793A1; US 6,380,284B1; BR11202010306A2; BRPI0611296A2 e US2016/096,960A1, seguem na mesma linha de tentar resolver o problema técnico por meio da combinação de diferentes métodos de produção e aditivos em várias etapas, o que acaba por exigir a realização da mistura por longos períodos e em diferentes maquinários, com a inserção de aditivos e perdas expressivas em cada etapa devido aos problemas de dispersão do pó de borracha, além de gerar misturas não homogêneas e com maior quantidade de resíduo sólido ao final.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

MODOS DA INVENÇÃO

[018] Esta invenção não está limitada em sua aplicação aos detalhes construtivos e arranjo de componentes determinados na descrição a seguir ou ilustrados nos desenhos. A invenção é realizável com outras configurações e pode ser praticada ou executada de várias maneiras. Ademais, a fraseologia e terminologia aqui utilizadas têm o propósito de descrever e não devem ser consideradas como restritivas. O uso de “incluindo”, “compreendendo”, “possuindo”, “contendo” ou “envolvendo”, e variantes desses termos, tem a intenção de abarcar os itens listados após os ditos termos e seus equivalentes, bem como itens adicionais.

[019] Em um dos modos exemplificativos de execução da presente invenção, o processo divulgado se inicia com o carregamento do pó de borracha em um silo de passagem. O pó então passa por uma gaveta

magnética para retirada de resíduos de limalhas metálicas presentes na matéria prima. Em seguida, a borracha é bombeada de forma automatizada para um silo de armazenamento e em seguida para o moinho de alto cisalhamento. Antes da entrada no moinho, o pó de borracha passa por um detector de metais auxiliar para retirada de possíveis resquícios metálicos. Uma rosca dosadora controla a entrada do pó de borracha no moinho de acordo com a dosagem estabelecida em proporção ao CAP. A inserção das matérias primas no moinho de cisalhamento é ajustada através das rotações do motor da bomba de alimentação e da rosca dosadora, que controlam de forma simultânea a entrada de pó de borracha e de cimento asfáltico no moinho.

[020] O moinho de alto cisalhamento utilizado no processo divulgado na presente invenção é um moinho do tipo reator de dispersão de alto cisalhamento para processos contínuos, composto por três estágios. O primeiro estágio é composto por um conjunto de rotor e estator e nele ocorre a mistura do asfalto e do pó de borracha. A mistura é empurrada para as bordas onde há uma fileira de dentes do estator, dando origem à primeira moagem. O segundo estágio do moinho possui um conjunto de rotor e estator com quatro fileiras de dentes, duas no rotor e duas no estator, que promovem uma nova moagem em um processo chamado cisalhamento médio. No terceiro estágio o conjunto de rotor e estator possui seis fileiras de dentes, sendo três no rotor e três no estator, promovendo uma terceira moagem, conhecida como cisalhamento fino. Depois de passar por esses três estágios, o produto final é bombeado para o tanque de armazenamento. A aplicação do moinho de alto cisalhamento, combinada com a utilização da borracha na granulometria e composição química adequadas, garantem uma mistura mais homogênea, com menor quantidade de resíduos ao final do processo quando comparado aos outros métodos do estado da técnica, por exemplo o uso de agitadores por alto ou baixo cisalhamento. Além disso, devido à uma maior efetividade da mistura, a combinação das matérias

primas pode ser feita em um único passe no moinho de alto cisalhamento, resultando em um ganho significativo de tempo de mistura. Para se obter o resultado desejado, o pó de borracha de pneus inservíveis deve se enquadrar na seguinte faixa granulométrica: 0% a 5% do material particulado passante na peneira #200 (0,075 mm), 10% a 35% passante na peneira #80 (0,180 mm), 40% a 80% passante na peneira #50 (0,300 mm), 60% a 100% passante na peneira #40 (0,420 mm) e 100% passante na peneira #30 (0,600), bem como possuir teor de material polimérico e volátil mínimo de 60%, teor de negro de carbono máximo de 36% e teor de cinzas máximo de 9%.

[021] Em um modo exemplificativo de execução da presente invenção, o asfalto modificado por borracha possui ponto de amolecimento de no mínimo 50 °C, penetração (25 °C, 100 g, 5 s, 0,1 mm) de 3 mm a 7 mm, recuperação elástica (25 °C, 10 cm) de no mínimo 50%, viscosidade dinâmica (175 °C, spindle 3, 20 rpm) de no mínimo 800 cP e no máximo 2000 cP, ponto de fulgor de no mínimo 235 °C.

[022] Em um modo exemplificativo de execução da presente invenção, a proporção do pó de borracha adicionado está na faixa de 15% a 20%, e a proporção de cimento asfáltico adicionado está na faixa de 85% a 80%.

[023] Em um modo exemplificativo de execução da presente invenção, o pó de borracha passa por imãs, para retirada de resíduos de limalha de aço, antes de ser inserido no moinho de alto cisalhamento.

[024] Em um modo exemplificativo de execução da presente invenção, a temperatura de entrada do ligante asfáltico no moinho de alto cisalhamento está entre 150°C e 180°C.

[025] Em um modo exemplificativo de execução da presente invenção, é empregado um misturador homogeneizador de alto cisalhamento com três estágios de dispersão, compostos por três conjuntos de rotores e estatores possuindo dentes em uma angulação de aproximadamente 45° e velocidade de acionamento do eixo de 1100 rpm.

[026] Em um modo exemplificativo da presente invenção, o moinho do tipo reator de dispersão de alto cisalhamento utilizado é o modelo Dispax Reactor DR-PB 2000/50 do fabricante IKA.

[027] Em um modo exemplificativo de execução da presente invenção, é adicionado à mistura no moinho de alto cisalhamento um redutor de emissão de H₂S.

[028] Em um modo exemplificativo da presente invenção, o aditivo redutor de emissão de H₂S utilizado é do fabricante ArrMaz, comercializado sob o nome de deScent TBP e atua na reincorporação, ao ligante, do H₂S emitido durante a modificação.

[029] Na Tabela 1 é apresentado um exemplo do processo de produção de acordo com o estado da técnica e na Tabela 2 é apresentado um exemplo do processo de produção de acordo com a presente invenção, para a mesma quantidade de asfalto modificado.

Tabela 1 – Estado da Técnica

Etapa	Tempo	Descrição
1	00h45min	Descarregamento de matéria prima (CAP 50/70), para o tanque de armazenamento
2	00h40min	Através de uma linha independente, o CAP é enviado para o reator, sendo: inicialmente é acrescentado 20 toneladas de CAP 50/70 dentro do reator e 1% de deScent TBP, este aditivo serve para amenizar o odor do enxofre presente na composição do CAP
3	01h00min	O fluído é colocado sob o processo de agitação e circulação, dentro do reator;
4		Após a confirmação de que o CAP está circulando, é liberada a entrada de 4 toneladas de pó de borracha dentro do reservatório, o pó é adicionado por cima do reator;
5		Analisar se o pó de borracha está bem envolvido no CAP (método visual);
6		Posteriormente liberar a entrada de mais 4 toneladas de CAP 50/70 na mistura;
7	03h00min	Durante todo este processo é adicionado aos poucos 1% de DOPE, que se refere a um aditivo para melhorar a adesividade dos asfaltos aplicados a

		quente;
8		Após a adição de todos os componentes necessários, a mistura fica circulando e passando pelo sistema de moagem;
9	00h45min	Finalizando o processo de fabricação, o asfalto borracha é destinado ao tanque de armazenagem de produto acabado ou diretamente para o tanque do caminhão que transportará a carga até o cliente
	06h10min	Tempo total de produção

Tabela 2 – Exemplo da Invenção

Etapa	Tempo	Descrição
1	00h45min	Descarregamento de matéria prima (CAP 50/70), para o tanque de armazenagem;
2	00h45min	O fluído fica circulando dentro do tanque de matéria prima, até atingir a temperatura de trabalho do moinho de alto cisalhamento (150°C);
3		Após o abastecimento do silo de pó de borracha é verificado o peso final e ajustado a produção com base na formulação, definindo-se a porcentagem de CAP, sendo: 4,2 toneladas de pó borracha (7 bags), equivalente a 15% do total de produto acabado;
4	01h24min	O processo de fabricação no moinho de alto cisalhamento é automatizado;
5		Dando início no moinho de alto cisalhamento, conforme a programação da automação do sistema, as rotações do motor da bomba de alimentação e da rosca dosadora se ajustam para que ocorra o balanceamento da entrada do pó de borracha e do CAP 50/70 ao mesmo tempo, dentro da câmara de moagem. Capacidade do Processo: 20 Toneladas/Hora;
6		Após o processo de moagem e mistura, se adiciona ainda em linha os aditivos (deScent TBP e DOP, correspondente a 1% de cada do produto final);
7	00h45min	Finalizando o processo de fabricação, o asfalto borracha é destinado ao tanque de armazenagem de produto acabado ou diretamente para o tanque do caminhão que transportará a carga até o cliente.
	03h39 min	Tempo total de produção

REIVINDICAÇÕES

01. Processo para obtenção de ligante asfáltico modificado com pó de borracha de pneumáticos inservíveis **caracterizado por** combinar em único passe, em processo de moagem em reator de dispersão por alto cisalhamento, o pó de borracha de pneus inservíveis com o cimento asfáltico submetidos a aquecimento a uma temperatura na faixa de 175°C a 200°C, em que:

o pó de borracha se enquadra na seguinte faixa granulométrica: 0% a 5% do material particulado passante na peneira #200 (0,075 mm), 10% a 35% passante na peneira #80 (0,180 mm), 40% a 80% passante na peneira #50 (0,300 mm), 60% a 100% passante na peneira #40 (0,420 mm) e 100% passante na peneira #30 (0,600); e

o pó de borracha possui teor de material polimérico e volátil mínimo de 60%, teor de negro de carbono máximo de 36% e teor de cinzas máximo de 9%.

02. Processo de acordo com a reivindicação 01, **caracterizado pelo** asfalto modificado por borracha possuir ponto de amolecimento de no mínimo 50 °C, penetração (25 °C, 100 g, 5 s, 0,1 mm) de 3 mm a 7 mm, recuperação elástica (25 °C, 10 cm) de no mínimo 50%, viscosidade dinâmica (175 °C, spindle 3, 20 rpm) de no mínimo 800 cP e no máximo 2000 cP, ponto de fulgor de no mínimo 235 °C.

03. Processo de acordo com a reivindicação 01, **caracterizado pela** proporção do pó de borracha adicionado estar na faixa de 15% a 20%, e a proporção de cimento asfáltico adicionado estar na faixa de 85% a 80%.

04. Processo de acordo com a reivindicação 01, **caracterizado pelo** pó de borracha passar por imãs para retirada de resíduos de limalha de aço antes de ser inserido no moinho de alto cisalhamento.

05. Processo de acordo com a reivindicação 01, **caracterizado pela** temperatura de entrada do ligante asfáltico no moinho de alto cisalhamento estar entre 150 °C e 180 °C.

06. Processo de acordo com a reivindicação 01, **caracterizado por** utilizar misturador homogeneizador de alto cisalhamento com três estágios de dispersão, compostos por três conjuntos de rotores e estatores possuindo dentes em uma angulação na faixa de 40° a 50° e velocidade de acionamento do eixo entre 1000 e 1200 rpm.

07. Processo de acordo com a reivindicação 01, **caracterizado pela** adição à mistura no moinho de alto cisalhamento de um redutor de emissão de H₂S.